



COMUNE DI DUBINO

(Provincia di Sondrio)

PIANO REGOLATORE DELL'ILLUMINAZIONE COMUNALE

STUDIO ASSOCIATO MASPES



arch. GIAN ANDREA MASPES & Ing. PIETRO MASPES



collaboratore

Pianificatore territoriale MASSIMO SPINELLI

RELAZIONE GENERALE NORME ED INDIRIZZI

Elaborato:

LR.01

MARZO 2016

REV. 1.0

adozione

Deliberazione CC n. 8 del 21 aprile 2016

approvazione

Deliberazione CC n. 38 del 7 novembre 2016

SOMMARIO

RELAZIONE GENERALE	4
1. - PREMESSE	5
1.1. - TENDENZE	5
1.2. - RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
1.3. - IL PRIC IN LOMBARDIA	8
1.4. - ELEMENTI DI ILLUMINOTECNICA.....	9
1.5. - EFFICIENTAMENTO	22
2. - CONTESTO	23
2.1. - INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	23
2.2. - EVOLUZIONE DELL'ILLUMINAZIONE NEL TERRITORIO COMUNALE.....	26
2.3. - CENTRI ABITATI, INFRASTRUTTURE E VIABILITA'	27
2.4. - AREE OMOGENEE	28
2.5. - PROTEZIONE DALL'INQUINAMENTO LUMINOSO	32
2.6. - CENSIMENTO E VERIFICA DELLE SORGENTI LUMINOSE	35
3. - INTERVENTI.....	36
3.1. - SINTESI ANALITICA.....	36
3.2. - QUADRO DEGLI INTERVENTI	37
3.3. - BENEFICI AUSPICATI	38
NORME TECNICHE ED INDIRIZZI	42
TITOLO I. - DEFINIZIONI E DISPOSIZIONI GENERALI	43
ART 1. - CONTENUTI E FINALITA' DEL PRIC.....	43
ART 2. - GRANDEZZE FOTOMETRICHE.....	44
ART 3. - DEFINIZIONI RELATIVE AD IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE E CORPI ILLUMINANTI.....	47
ART 4. - ATTUAZIONE DEL PRIC	50
ART 5. - SMALTIMENTO DELLE LAMPAD E	51
TITOLO II. - INDIRIZZI PER L' ILLUMINAZIONE.....	52
ART 6. - ILLUMINAZIONE STRADALE E A SERVIZIO DELLA MOBILITA'	52

ART 7. - AREE O PERCORSI PEDONALI, PARCHI, GIARDINI.....	58
ART 8. - PARCHEGGI E PIAZZE	59
ART 9. - TUTELE E VALORI AMBIENTALI.....	59
ART 10. - CENTRI, EDIFICI ED OPERE DI VALORE STORICO O ARCHITETTONICO.....	62
ART 11. - IMPIANTI SPORTIVI	62
ART 12. - INDIRIZZI PER L'ILLUMINAZIONE PRIVATA	63
ART 13. - NORMA TRANSITORIA.....	64

Il presente PRIC si compone dei seguenti elaborati:

ELABORATO	DESCRIZIONE	SCALA
LR.01	Relazione generale, Norme ed indirizzi	-
LR.02	Censimento delle sorgenti di pubblica illuminazione	-
L.01	Carta di classificazione illuminotecnica delle strade	1:10.000/1:5.000
L.02	Carta di classificazione del territorio comunale ai fini illuminotecnici	1:5.000
L.03_A/B	Ricognizione e classificazione degli apparecchi della pubblica illuminazione	1:2.000
L.04_A/B	Priorità degli interventi sostitutivi	1:2.000

Lo stesso è stato redatto sulla scorta dei dati forniti dal gestore del sistema di pubblica illuminazione al comune ai fini della redazione del Piano.

RELAZIONE GENERALE

1.- PREMESSE

1.1. - TENDENZE

Studi di settore sono giunti a dimostrare che l'Italia, dopo la Spagna, è tra i paesi d'Europa che più utilizza l'energia elettrica, con un consumo pro-capite che supera il doppio rispetto ai valori della Germania e della media UE (105 kW/h contro 42 e 51 rispettivamente), lontana anche da Francia (80 kW/h), Gran Bretagna (42 kW/h), Olanda e Irlanda (40 kW/h)¹.

Per l'illuminazione si consuma il 14% di tutta l'elettricità della Unione Europea, il 19% a livello mondiale². Circa i 2/3 di tutte le sorgenti luminose attualmente installate nell'Unione Europea si basano su una tecnologia obsoleta (sviluppata prima del 1970), a scarso rendimento energetico, ma le cose sono in rapida evoluzione.

I consumi energetici in Italia imputabili direttamente all'illuminazione pubblica rappresentano un valore relativamente basso rispetto al valore complessivo dei consumi nazionali (i dati disponibili sono attestati sul 2%, pari a circa 6 TWh/anno). Esistono tuttavia sicuri margini di miglioramento intesi a ridurre il valore assoluto dei consumi per l'illuminazione pubblica, grazie a processi di innovazione tecnologica e di razionalizzazione.

Con tutta probabilità intervengono come concause il fatto che il sistema di illuminazione pubblica è per lo più poco efficiente³ e la sua non sempre corretta razionalità di posizionamento ed installazione.

A tal proposito, in un periodo di auspicata e quasi emergenziale necessità di taglio della spesa pubblica, molte iniziative sono state assunte al fine di contribuire, anche per mezzo dello spegnimento programmato della pubblica illuminazione, laddove ritenuta in eccesso (ad esempio in aree sovrailluminate, come le zone artigianali fuori città o i parcheggi degli ipermercati), al raggiungimento di tale importante obiettivo. Nell'immediato, tale genere d'iniziativa, consentirà un diffuso risparmio senza necessità di investimento, cambiando solamente il modello gestionale ed organizzativo. Nel lungo periodo si profila invece la necessità di puntare su tecnologie che consentano di ridurre sempre più dispersioni e consumi, oltre a puntare alla drastica riduzione dell'inquinamento luminoso, senza dover rinunciare alla sicurezza stradale, a quella pubblica ed alla qualità del paesaggio notturno degli agglomerati urbani e dei monumenti.

¹ Fonte dati Federutility.

² Fonte dati IEA (International Energy Agency).

³ Cfr. vocabolario Treccani: efficienza – capacità di rendimento e di rispondenza ai propri fini; in fisica, con riferimento all'energia luminosa – il rapporto tra il flusso luminoso di una lampada elettrica e la potenza elettrica ad essa fornita.

Si tenga infine conto del fatto che, la specie umana, come tutte le altre specie viventi, si è adattata alla biosfera sfruttando al meglio le condizioni ambientali che hanno determinato un comportamento fisiologico circadiano⁴, ossia legato all'alternarsi del giorno e della notte, quindi delle ore di luce e di buio. Alterazioni prolungate di tali naturali equilibri fisiologici, anche determinate da eccessiva illuminazione artificiale, possono provocare danni agli organismi.

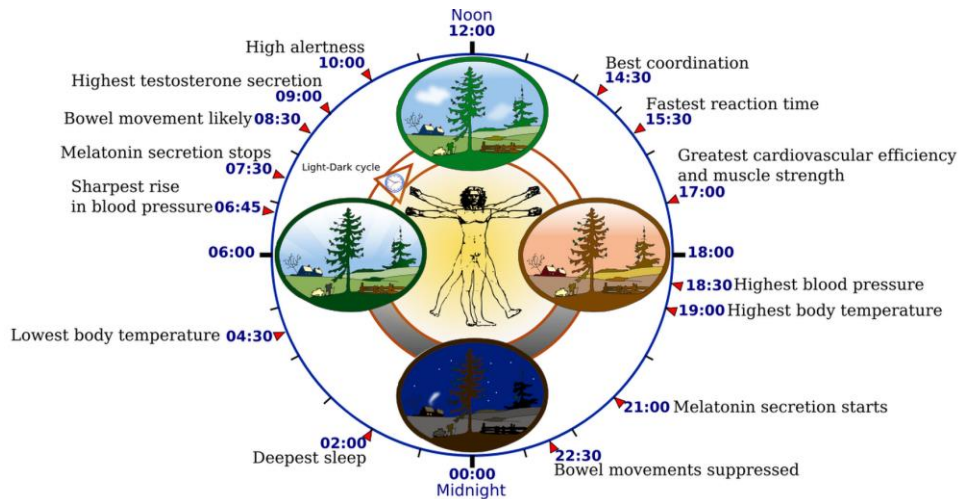


Figura 1 – Sequenza circadiana delle condizioni biologiche dell'organismo umano

1.2. - RIFERIMENTI NORMATIVI

STATALI
Decreto legislativo n. 285 del 30/04/1992: “Nuovo Codice della Strada”, (G.U. n. 114, Suppl. ordinario 18/05/1992) e s.m.i.
Decreto Presidente Repubblica n. 495 del 16/12/1992: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada”.
Decreto legislativo 360/93: “Disposizioni correttive ed integrative del Codice della Strada” approvato con Decreto legislativo n. 285 del 30/04/1992.
Direttiva Ministeriale LL.PP 12/04/1995 “Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani Urbani del traffico” (Suppl. ordinario n. 77 alla G.U n. 146 del 24 giugno 1995 Serie generale).
Decreto Legislativo 6 novembre 2007, n. 201, “Attuazione della direttiva 2005/32/CE relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia”.
Decreto Ministeriale LL.PP del 5 novembre 2001 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.
REGIONALI
Regione Lombardia, LR 27 marzo 2000, n. 17. “Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso”.
Regione Lombardia. Decreto direttore generale DG Reti e servizi di pubblica utilità e sviluppo sostenibile, 3 agosto 2007 – n. 8950, legge regionale 27 marzo 2000, n. 17 – Linee guida regionali per la redazione dei piani comunali d'illuminazione”.

⁴ Cfr. vocabolario Treccani: in biologia, di ogni ritmo fisiologico di un organismo, che sia in relazione con l'alternarsi del giorno e della notte; ne sono esempi, nelle piante, i movimenti di apertura e chiusura degli stomi, l'apertura e chiusura di certi fiori, e anche, più in generale, alcuni processi citologici (mitosi, meiosi), probabilmente regolati da una determinata lunghezza d'onda della luce.

NORME TECNICHE UNIFICATE E RACCOMANDAZIONI
AIDI ⁵ 1993: "Raccomandazioni per l'illuminazione pubblica"
AIDI 1998: "Guida per il Piano Regolatore Comunale dell'illuminazione pubblica"
CIE ⁶ Pubblicazione 115:1995: "Recommendations for lighting of roads for motor and pedestrian traffic"
CIE Pubblicazione 136-2000: "Guida all'illuminazione delle aree urbane" (in sostituzione della CIE 92:1992)
CIE Pubblicazione n. 92:1992: "Guide to the lighting of urban areas"
CIE Pubblicazione 154:2003: "The maintenance of outdoor lighting systems"
Norma UNI 10439:2001: "Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico motorizzato"
Rapporto tecnico CEN/TR 13201-1:2004: "Illuminazione stradale (Road lighting) — Selezione delle classi di illuminazione"
NORMA EN 13201-2:2004: "Illuminazione stradale - Requisiti prestazionali"
NORMA EN 13201-3:2004: "Illuminazione stradale – Calcolo delle prestazioni"
NORMA EN 13201-4:2004: "Illuminazione stradale – Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche" (recepiscono anche la CIE Pubblicazione 115:1995 "Recommendations for lighting of roads for motor and pedestrian traffic")
NORMA UNI 11248:2007: "Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche" (in sostituzione della UNI 10439, recepisce il rapporto tecnico CEN/TR 13201-1)
Norma UNI 10819:1999: "Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso"
Norma UNI 11095:2003: "Illuminazione gallerie"
UNI EN 12193:2008: "Illuminazione di installazioni sportive"
UNI EN 12464-2:2008: "Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: posti di lavoro in esterno"
Norma CEI 34–33: "Apparecchi di Illuminazione. Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per l'illuminazione stradale"
Norme CEI 34 relative a lampade, apparecchiature di alimentazione ed apparecchi d'illuminazione in generale
Norma CEI 11 – 4: "Esecuzione delle linee elettriche esterne" Norma CEI 11 — 17: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo"
Norma CEI 64 – 7: "Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari"
Norma CEI 64 – 8: variante V2 Sezione 714 "Ambienti e applicazioni particolari - Impianti di illuminazione situati all'esterno"
"Impianti a norme CEI – volume 6: Illuminazione Esterna", TNE Maggio 97

⁵ Associazione Italiana di Illuminazione.

⁶ Commission Internationale de l'Eclairage, ossia la Commissione Internazionale per l'Illuminazione.

1.3. - IL PRIC IN LOMBARDIA

Il Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC) è "il Piano redatto dalle amministrazioni comunali per il censimento della consistenza e dello stato di manutenzione degli impianti insistenti sul territorio amministrativo di competenza e per la disciplina delle nuove installazioni, nonché dei tempi e delle modalità di adeguamento". Alla luce di questo ed in base all'art. 4 della LR 17/2000 s.m.i., il PRIC ha il compito di: **a)** verificare la consistenza globale e l'adeguatezza degli impianti per la pubblica illuminazione rispetto alla funzione cui sono preposti (stradale, arredo urbano, etc.); **b)** individuare inadeguatezze e carenze rispetto ai requisiti tecnici e normativi; **c)** programmare gli eventuali ed occorrenti interventi manutentivi e sostitutivi, piuttosto che pianificare nuovi progetti di illuminazione del territorio comunale; **d)** verificare, direttamente, ovvero su richiesta degli Osservatori astronomici o delle associazioni rappresentative degli interessi per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il rispetto e l'applicazione dei dettati legislativi sul territorio amministrativo di competenza (fasce di salvaguardia degli osservatori astronomici); **e)** integrano i contenuti della pianificazione urbanistica e territoriale generale (PGT).

E' poi il Decreto del Direttore Generale della DG Reti e servizi di pubblica utilità e sviluppo sostenibile, n. 8950/2007 a fare seguito alla summenzionata LR, introducendo delle specifiche linee guida regionali per la redazione dei piani comunali dell'illuminazione. Secondo le linee guida, l'articolato del PRIC dovrà riportare i seguenti contenuti:

- 1) Inquadramento territoriale (morfogeografia, condizioni climatiche e meteorologiche che influenzino la visibilità, demografia, infrastrutture per la mobilità, ecc); cenni storici sull'evoluzione delle infrastrutture per l'illuminazione pubblica; destinazioni d'uso dei suoli; zone di protezione dall'inquinamento luminoso;
- 2) Illuminazione del territorio (censimento e verifica dello stato di fatto; conformità legislativa; eventuali rilievi illuminotecnici);
- 3) Classificazione della viabilità (definizione delle categorie stradali e classificazione illuminotecnica delle strade secondo il D.Lgs 285/1992 s.m.i.; verifica e classificazione di eventuali ambiti urbani ed extraurbani particolari, quali strade e percorsi ciclopedonali, piazze, giardini e parchi; classificazione di potenziali aree di conflitto quali incroci, rotatorie, svincoli, sottopassi, a traffico misto);
- 4) Pianificazione degli eventuali adeguamenti (proposte operative per le evidenze storiche ed architettoniche; situazioni potenzialmente critiche; verifica di eventuali impianti pubblici a rilevante impatto ambientale e consumo energetico e verifica di conformità alla LR 17/2000 s.m.i.; programmazione del loro eventuale adeguamenti; verifica di impianti privati a grande impatto ambientale);
- 5) Soluzione integrata di riassetto;
- 6) Pianificazione degli interventi, valutazioni economiche, piano di manutenzione.

1.4. - ELEMENTI DI ILLUMINOTECNICA⁷

1.4.1. - LA LUCE

E' un fenomeno di natura energetica, o meglio, una ristretta banda dello spettro elettromagnetico formata da lunghezze d'onda che vanno da 380 nm⁸, a 780 nm⁹, rispetto alle quali la retina umana è sensibile. Questo segnale si genera nei corpi come conseguenza delle oscillazioni delle cariche che lo costituiscono, le quali generano campi elettrici e magnetici. La luce, essendo un'onda, è caratterizzata da:

- **frequenza v:** è il numero di oscillazioni compiute nell'unità di tempo;
- **lunghezza d'onda A:** distanza tra due massimi;
- **periodo T:** tempo per percorrere un'oscillazione completa $T = 1/v$.

Individuando con $c = 299,79 \times 10^6$ m/s la velocità della luce nel vuoto si ha:

$$c = \lambda \nu$$

L'intensità della luce è caratterizzata in primo luogo dalla quantità di energia trasportata dalla luce stessa. La branca dell'ottica che si occupa della misurazione dell'intensità luminosa e delle sorgenti della luce si chiama radiometria. Si utilizzano due tipi di unità di misura:

- **radiometriche:** tengono conto delle caratteristiche energetiche;
- **fotometriche:** tengono conto solo della componente visibile.

La CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) ha proposto la terminologia, le unità di misura ed i simboli per le grandezze sia radiometriche che fotometriche. Queste sono riportate nella seguente tabella. Lo steradiano (sr) è l'unità di misura dell'angolo solido.

Grandezze	Simbolo	Unità radiometriche	Unità fotometriche
Flusso luminoso	O	watt	lumen (lm)
Illuminamento	E	watt/mq	lux (lm/mq)
Radianza	I	watt/mq	lux s.b. (lm/mq)
Intensità luminosa	I _a	watt/sr	candela (cd)
Luminanza	L	watt/mqsr	cd/mq

Tabella 1 – Grandezze illuminotecniche e relative unità di misura

⁷ Paragrafo tratto dalle Linee Guida operative per la realizzazione di impianti di Pubblica illuminazione dell'RSE, Ricerca Sistemi Energetici, già ERSE S.p.A. (Ente di ricerca sul Sistema Elettrico, ENEA), a cura di Walter Grattieri e Roberto Menga, 2012.

⁸ Il nanometro (simbolo nm) è un'unità di misura di lunghezza, corrispondente a 10⁻⁹ metri (cioè un milionesimo di millimetro, equivalente ad un miliardesimo di metro).

⁹ Per esprimere le lunghezze d'onda della luce visibile dall'occhio umano in particolare sono indistintamente utilizzate tre unità di misura: i micron, i nanometri e gli Angstrom.

1.4.2. - LA VISIONE

L'occhio è l'organo periferico della visione, che ha la duplice funzione di ricevitore del messaggio luminoso e di processore dello stesso per la sua trasmissione al cervello (che ne è l'interprete finale). La sensibilità dell'occhio è massima per la lunghezza d'onda di circa 555 nm (colore giallo-verdastro), posta al centro del campo di visibilità e tende ad annullarsi agli estremi (380-780 nm).

Le lunghezze d'onda utili ai fini della visione coprono un campo molto limitato dello spettro di emissione termica di un corpo nero, quale il sole o una lampada ad incandescenza, la cui emissione è concentrata prevalentemente nell'infrarosso. Diventa particolarmente debole (visione scotopica). In questo caso, il massimo della sensibilità dell'occhio si ha per una sorgente monocromatica di colore

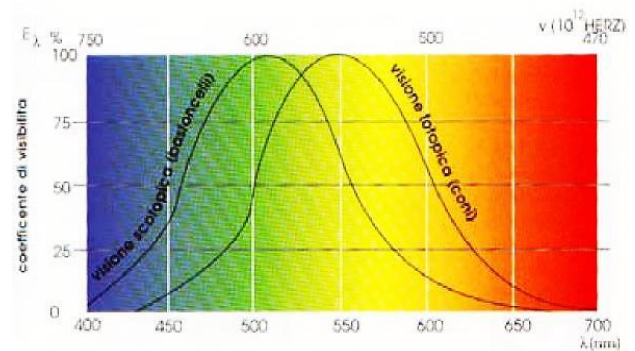


Figura 2 - Curva di visibilità dell'occhio

azzurro-verdastro. In caso di luce scarsa si disattivano i recettori denominati "coni", specializzati nella visione dei colori, a vantaggio dei "bastoncelli", la cui maggiore sensibilità alla luce si paga con l'incapacità di distinguere le diverse lunghezze d'onda della radiazione luminosa.

Nel 1931 la Commissione Internazionale d'Illuminazione (CIE) ha definito le caratteristiche convenzionali di un "occhio medio" e le relative curve di visibilità da utilizzare come riferimento in illuminotecnica.

Si osservi il grafico: in ascissa è riportata la lunghezza d'onda (\AA) in nm, in ordinate il coefficiente di visibilità $V(\text{\AA})$ variabile nel campo 0-1.

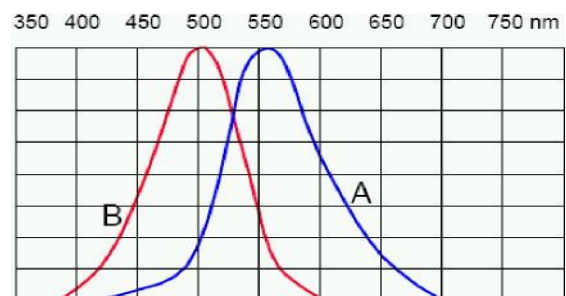


Figura 3 - Sensibilità dell'occhio umano al variare della lunghezza d'onda (colore). B visione scotopica (max 507 nm), A visione fotopica (max 550 nm).

1.4.3. - LA VISIBILITA'

La visibilità $V(\text{\AA})$ rappresenta le modalità secondo le quali si manifesta la risposta del sistema visivo umano quando la retina è investita dalle radiazioni delle diverse lunghezze d'onda dello spettro visibile. Per stabilire come varia la sensibilità dell'occhio umano al variare della lunghezza d'onda, si ricorre ad indagini statistiche. Una volta stabilita per quale lunghezza d'onda si ha la massima risposta, si determina la massima visibilità $V_m = V(\lambda_m)$. Questa si ha in corrispondenza della lunghezza d'onda $\lambda = 555\text{nm}$. Si definisce coefficiente di visibilità:

$$v(\lambda) = 1 + \frac{V(\lambda)}{V_m} \quad 0 < v(\lambda) \leq 1$$

1.4.4. - PRINCIPALI GRANDEZZE FOTOMETRICHE

Le grandezze fotometriche misurano quindi la quantità di energia radiata nello spettro visibile non in maniera assoluta, ma in maniera relativa rispetto alla sensibilità spettrale dell'occhio CIE. Di seguito vengono descritte le grandezze principali per la misurazione della luce, suddividendole tra grandezze relative alla sorgente luminosa (flusso luminoso, intensità luminosa, temperatura di colore e Indice di Resa Cromatica) e quelle che caratterizzano l'ambiente illuminato (illuminamento e luminanza).

RELATIVE ALLE SORGENTI

Flusso luminoso

Il Flusso luminoso (Φ) è la grandezza che definisce la quantità di luce emessa nell'unità di tempo da una sorgente luminosa o, come accade nel contesto dell'illuminazione, da un apparecchio. L'unità di misura è il lumen (lm), che è definito come il flusso luminoso emesso nell'angolo solido unitario (1sr) da una sorgente puntiforme posta al centro di una sfera di intensità luminosa pari a 1 candela (1cd) in tutte le direzioni. Il flusso luminoso corrisponde, dimensionalmente, ad una potenza (energia/unità di tempo).

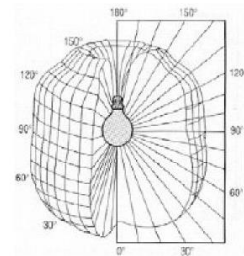


Figura 4 - Flusso luminoso emesso da una sorgente puntiforme

Esso si può calcolare anche in modo diverso, e cioè come il prodotto della visibilità dovuta ad una determinata lunghezza d'onda per la potenza trasportata dall'onda stessa $\Phi = V(\lambda) P_L$. Quindi il fenomeno luminoso dipende dalla potenza di emissione della lampada, ossia dall'energia che le viene fornita, ma anche dalla visibilità, quindi dalle caratteristiche della lampada stessa.

Il Controllo del flusso luminoso diretto costituisce di fatto lo strumento imposto dalla normativa regionale per definire le più corrette modalità di illuminazione, in modo che gli impianti di illuminazione possano essere considerati a ridotto inquinamento luminoso e a risparmio energetico (si veda ad esempio la Legge Regionale Lombardia n. 17/2000, articolo 6, comma 2 e deliberazione della Giunta Regionale Lombardia n. 7/6162, articolo 5 - Criteri comuni).

Efficienza luminosa

Per quantificare la luce emessa comunemente ed erroneamente si ricorre ai watt (W), che rappresentano in realtà l'assorbimento di energia elettrica e non tanto la luce.

L'efficienza luminosa (η) è il rapporto tra il flusso luminoso (Φ) emesso da una sorgente e la potenza elettrica assorbita dalla stessa (P, espressa in Watt) impiegata per determinare tale flusso ed è espressa in lumen/W.

$$\eta = \Phi / P$$

Attraverso questo rapporto è possibile valutare il risparmio di energia che una lampada può dare in confronto ad un'altra.

TIPO DI LAMPADA	POTENZA W	FLUSSO lumen	EFFICIENZA lumen/watt
Lampada Alogena	300	5000	17
Lampada a vapori di mercurio con bulbo fluorescente	125	6300	50
Lampada a LED (2008)	12	650	54
Lampada fluorescente compatta	24	1800	75
Lampada fluorescente lineare (tubolare)	36	3350	93
Lampada a vapori di alogenuri	2000	180000	90
Lampada a vapori di sodio alta pressione (tubolare)	400	48000	120
Lampada a vapori di sodio bassa pressione	90	13500	150

Tabella 2 – Esempi di lampade con flusso ed efficienza

Il valore dell'efficienza luminosa indica quindi quanta luce viene emessa per unità di potenza della sorgente luminosa; esprime cioè l'efficienza di una lampada ed è una funzione variabile con il tipo di lampada.

TIPO DI LAMPADA	EFFICIENZA LUMINOSA
INCANDESCENZA	12 - 22 lm/W (include alogene)
MERCURIO	40 - 60 lm/W
LED (commercializzate nel 2008)	50 - 70 lm/W
ALOGENURI	60 -100 lm/W
SODIO AD ALTA PRESSIONE	70 - 150 lm/W
LED (prototipi di laboratorio)	110 - 140 lm/W
SODIO A BASSA PRESSIONE	100 - 180 lm/W

Tabella 3 - Classi di variabilità dell'efficienza luminosa per alcune classi tipologiche di lampade

Le lampade più efficienti sono quelle al sodio a bassa pressione, seguite da quelle ad alta pressione, quelle agli alogenuri poi quelle al mercurio per arrivare infine a quelle ad incandescenza che sono le peggiori da punto di vista dell'efficienza luminosa. Le lampade a LED sono in fase di notevole miglioramento tecnologico. Per ridurre l'impatto sull'ambiente dell'illuminazione, una chiave è quella di disporre di fonti luminose ad alta efficienza, cioè che producano per ogni Watt consumato il massimo flusso luminoso possibile.

Intensità luminosa

Esprime la quantità di energia luminosa che è emessa da una sorgente (flusso luminoso) in una determinata direzione (angolo α). Si definisce intensità luminosa (I) della sorgente (S) nella direzione individuata da OA, il rapporto tra il flusso luminoso emesso dalla sorgente entro l'angolo solido infinitesimo $d\Omega$ che contiene la direzione OA, e l'ampiezza dell'angolo stesso.

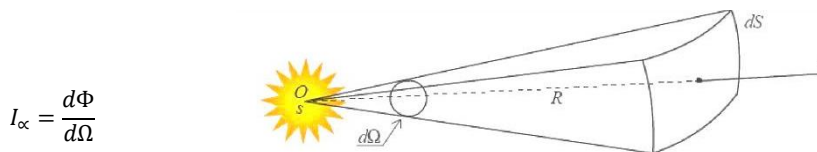


Figura 5 - Intensità luminosa

L'unità di misura è la candela (cd). In pratica l'intensità luminosa non è altro che la densità di flusso in una certa direzione. L'intensità luminosa è importante in quanto costituisce la parte più importante della curva fotometrica. L'analogia idraulica è data dalla quantità d'acqua emessa da un ugello sprinkler, in un cono angolare di dimensioni note.

DEFINIZIONI RELATIVE ALLE LE SORGENTI LUMINOSE

La luce non è sempre uguale. Può essere più o meno bianca, fredda oppure calda. I colori degli oggetti appaiono differenti, variando il tipo di sorgente luminosa utilizzata. Per giudicare e classificare le lampade da un punto di vista qualitativo vengono utilizzati due parametri molto importanti.

Indice di resa cromatica (Ra o CRI)

L'Indice di resa cromatica (Ra¹⁰, Rendering average) quantifica la capacità di una sorgente di fare percepire i colori degli oggetti illuminati.

SORGENTE LUMINOSA	CRI
Lampada al sodio	0-25
Lampada al mercurio a luce bianca	45
Tubo fluorescente "warm white"	55-73
Tubo fluorescente "cool white"	65-86
LED (2006)	80
Lampada agli alogenuri metallici	85-93
Lampada ad incandescenza 100 W	100

Tabella 4 - Valori esempio di indice di resa cromatica

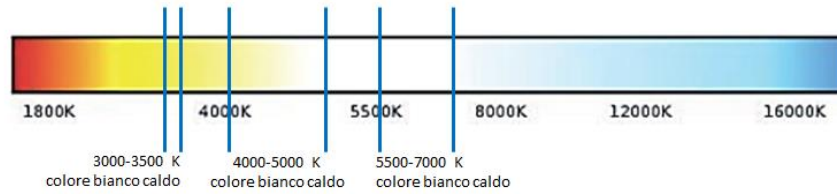
La quantificazione avviene per confronto con una sorgente di riferimento e valuta l'alterazione, o meno, del colore delle superfici illuminate percepito nelle due condizioni. Diversamente da quanto avviene con lampade ad incandescenza, con le lampade a scarica si possono verificare delle significative distorsioni cromatiche. Il valore massimo dell'indice di resa cromatica è 100 e si verifica quando non vi è differenza di percezione del colore sotto la sorgente analizzata e con la sorgente di riferimento.

Temperatura di colore (K)

Espressa in gradi Kelvin (K)¹¹, è un parametro utilizzato per individuare e catalogare, in modo oggettivo, il colore della luce di una sorgente luminosa confrontata con la sorgente campione (il

¹⁰ Al posto di Ra molte volte è utilizzata la sigla CRI (Colour Rendering Index) per esprimere in che modo una sorgente è in grado di riprodurre il colore di un oggetto.

corpo nero). Dire che una lampada ha una temperatura di colore pari a 3000 K, significa che il corpo nero, a questa temperatura, emette luce della stessa tonalità. La **temperatura** è un elemento di scelta **qualitativo** d'importanza fondamentale nell'installazione di apparecchi di illuminazione.



Altro è l'Indice di resa dei colori, in quanto la prima indica il colore della luce emessa, ma non ci dice nulla riguardo la sua capacità di rendere i colori. Nella tabella sotto riportata sono indicate le temperature colore di alcune sorgenti luminose.

SORGENTE LUMINOSA	TEMP. COLORE °K	SORGENTE LUMINOSA	TEMP. COLORE °K
Cielo blu	12-20.000	Luce del sole (1 ora dopo l'alba)	3500
Luce estiva (sole e cielo)	6500	Tubo fluorescente "cool w hite"	3400
Lampada allo Xenon	6400	LED "warm white"	3250
Tubo fluorescente "daylight"	6300	Lampada alogena 100 W	3000
Lampada al mercurio	5900	Tubo fluorescente "w arm w hite"	2950
LED bianchi	5600	Lampada incandescenza 100 W	2870
Luce del sole (mezzogiorno, estate, media latitudine)	5400	Lampada incandescenza 40 W	2500
Lampada fluorescente per design	5200	Lampada al sodio	2100
Lampada fluorescente per analisi del colore	5000	Luce del sole (alba, tramonto)	2000
Luce del sole (mattino e tardo pomeriggio)	4300	Fiamma della candela	1850 - 1900
Lampada al mercurio	4000	Fiamma del fiammifero	1700

Tabella 5 - Livelli di temperatura di colore

GRANDEZZE CHE CARATTERIZZANO L'AMBIENTE ILLUMINATO

illuminamento

L'illuminamento esprime la quantità di luce che emessa da una sorgente investe una certa superficie. E' il rapporto tra il flusso incidente sulla superficie e l'area della superficie stessa.

$$A = \frac{d\Phi_{inc}}{dS}$$

L'unità di misura dell'illuminamento è il lux, che dimensionalmente si esprime in lm/mq. Il lux è una misura "relativa" ad un'area: è una densità di luce che colpisce una superficie.

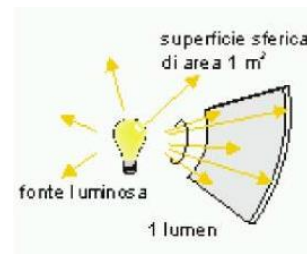


Figura 6 - L'analogia idraulica dell'illuminamento

¹¹ La temperatura assoluta è basata sul Kelvin. La temperatura del ghiaccio (valore di 273,2 °K) corrisponde a 0 gradi centigradi (0 °C).



AMBIENTE	ILLUMINAMENTO [LUX]
Pieno sole, Cielo sereno	100.000
Cielo nuvoloso	10.000
Cielo stellato senza luna	4 - 10
Illuminazione Stradale media	5 - 30
Minimo necessario ai pedoni per evitare ostacoli	0,2 - 1
Ambiente domestico	100 - 200
Esercizi commerciali	200 - 3000
Uffici e scuole	300 - 2000

Tabella 6 - Livelli di Illuminamento

Luminanza

Si definisce luminanza (L) il rapporto tra l'intensità luminosa di una sorgente nella direzione di un osservatore (I_α) e la superficie emittente apparente così come viene vista dall'osservatore stesso.

$$L = dI_{\alpha} / (dA \times \cos \alpha)$$

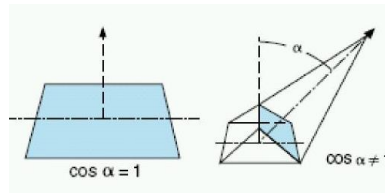
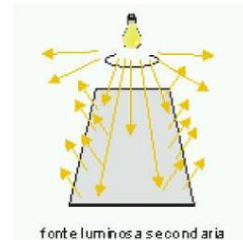


Figura 7 - Luminanza



Dove:

- I è l'intensità in candele;
- A è l'area della sorgente;
- α è l'angolo compreso tra la direzione di osservazione e l'asse perpendicolare alla superficie emittente.

La luminanza si esprime in cd/mq. Determina la presenza di una sorgente primaria e di una secondaria, che corrisponde al corpo che illuminato, riemette radiazione luminosa. Nella tabella sotto riportata sono elencati alcuni valori indicativi di luminanze espresse in cd/mq.

AMBIENTE	LUMINANZA (cd/mq)
Sole a mezzogiorno	16 x 10 ⁹
Sole al tramonto	6 x 10 ⁶
Cielo sereno	8.000
Cielo nuvoloso	2.000
Terreno a prato	800
Manto nevoso	3,2 x 10 ⁴
Candela stearica	5000
INC 60W bulbo chiaro	5 x 10 ⁶
FL 18W	4000
JM 70W	1,5 x 10 ⁷

Tabella 7 - Valori esempio di luminanze

ALTRE GRANDEZZE E DEFINIZIONI

Radianza o Luminosità

La radianza è il rapporto tra il flusso emesso dalla superficie illuminata o luminosa la sua area S.

$$I = \frac{d\Phi_{em}}{dS}$$

Come si può notare, radianza e illuminamento sono due grandezze fisicamente uguali. La prima, però, si usa per i corpi luminosi, mentre la seconda per i corpi illuminati. La luminosità si misura in LAMBERT (lm/mq); 1 Lambert è il flusso luminoso di 1 Lumen emesso in un emisfero da un'area unitaria (1mq) della superficie raggianti.

Rendimento Luminoso

Si definisce con rendimento luminoso (LOR, Light Output Ratio) il rapporto tra il flusso emesso (Φ_{em}) dall'apparecchio ed il flusso totale (Φ_{tot}) della lampada.

$$LOR = \frac{\Phi_{em}}{\Phi_{tot}}$$

Essendo il rendimento un rapporto tra due grandezze omogenee esso è adimensionale e generalmente viene espresso in termini percentuali. Indica la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa che viene distribuita nello spazio attraverso l'apparecchio di illuminazione. Questa grandezza può risultare un elemento utile nella valutazione di un apparecchio di illuminazione.

Curve fotometriche

Si definisce curva fotometrica il luogo geometrico delle posizioni occupate dalla punta del vettore I_a (avente intensità dCD/dC2) quando vi sono simmetrie nell'energia emessa dalla sorgente.

Vita media

Con il termine "Vita media" viene definito "il numero di ore di funzionamento dopo il quale il 50% delle lampade di un congruo e rappresentativo lotto, funzionante in condizioni stabilite, si spegne". Il test include sempre un ciclo di accensioni che varia in funzione del tipo di lampada.

La vita media viene comunemente chiamata anche vita utile e solitamente viene misurata in ore (h). Vi sono molti fattori che influenzano la vita operativa di una lampada e sono legati alle condizioni sfavorevoli di funzionamento, come la temperatura ambiente, il numero e la frequenza di accensioni e, in caso di lampade a scarica, le sollecitazioni meccaniche.

Sorgente luminosa

Si definisce «sorgente luminosa» qualsiasi corpo illuminante o insieme di corpi illuminanti che, diffondendo luce in modo puntiforme o lineare o planare, illumina aree, fabbricati, monumenti, manufatti di qualsiasi natura ed emergenze naturali.

Visione fotopica, mesopica, scotopica

La principale distinzione tra bastoncelli e coni (i fotorecettori della retina) riguarda la loro risposta ai livelli di luminanza: i bastoncelli rispondono a bassi livelli di luminanza, anche inferiore ad 1 cd/mq; i coni rispondono ad livelli di luminanza superiori. Questo consente di distinguere tre tipi di visione:

visione fotopica (o visione diurna) quando i soli coni sono attivi, con adattamento a luminanze superiori a 3 cd/mq; la visione fotopica si concentra nella regione della fovea; la nitidezza è elevata e si possono percepire i colori

visione mesopica quando sono attivi sia bastoncelli che coni; condizione di transizione dalla visione diurna fotopica, mediante i coni, alla visione notturna scotopica, mediante i bastoncelli; la percezione dei colori e la nitidezza hanno di conseguenza valori intermedi; la visione mesopica ha luogo con luminanze tra 0,01 cd/mq e 3 cd/mq

visione scotopica (o visione notturna) quando sono attivi solo i bastoncelli; vista con adattamento a luminanze inferiore a 0,01 cd/mq; la visione scotopica interessa soprattutto le parti periferiche della retina; la nitidezza è limitata e non si possono percepire i colori; d'altra parte la sensibilità al movimento degli oggetti percepiti è elevata.

Abbagliamento

Qualunque sistema di illuminazione, naturale e/o artificiale, provoca un disturbo, denominato abbagliamento, che si manifesta in termini debilitanti (difficoltà e riduzione delle possibilità di visione) o molesti (fastidio anche senza impedimenti alla visione). Questo fenomeno è dovuto alla luminanza di velo che a sua volta deriva dalla diffusione sulla della luce periferica con la conseguente riduzione del contrasto delle immagini che riduce la visibilità degli oggetti e arreca fastidio.

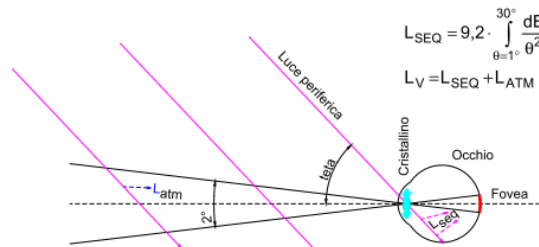










Figura 8 - Luminanza di velo che procura abbagliamento



1.4.5. - PRINCIPALI RESPONSABILI DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

FOTOGRAFIA	DESCRIZIONE	LIV. INQUINAMENTO	DOVE SI PUO' USARE	DOVE NON SI DEVE USARE	CONSIGLIO
	<p>Lanterna classica è realizzata con una struttura in metallo, schermi in vetro o materiali plastici. Il portalampada è posizionato in basso, priva di schermi di controllo del flusso luminoso. Disponibile da palo o da parete. Con diverse sorgenti luminose.</p>	ELEVATO	<p>Pur essendo molto diffuso l'uso di questo apparecchio, le possibilità di utilizzo, volendo rispettare le normative illuminotecniche più recenti, sono praticamente inesistenti. Questo perché l'apparecchio così concepito è completamente assente di qualsiasi dispositivo di controllo del flusso luminoso. L'unica applicazione possibile è l'installazione su pareti di vicoli stretti, con edifici alti. In questo caso, gli stessi edifici svolgono la funzione di limitare la dispersione del flusso luminoso.</p>	<p>Nella configurazione rappresentata in fotografia, la più diffusa, NON si deve utilizzare in nessuna circostanza, in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ lungo strade principali e secondarie ▪ in spazi dove possano circolare mezzi di qualsiasi tipo ▪ in spazi aperti (piazze, parcheggi, viali, ecc..) <p>E' importante sapere che questo tipo di apparecchio produce un abbagliamento elevato essendo sprovvisto di schermatura e può rappresentare un pericolo per la sicurezza nella guida.</p>	<p>Se proprio volete utilizzare la lanterna, scegliete delle tipologie costruite con ottiche cut-off che controllano il flusso e che non comportano inquinamento luminoso.</p>
	<p>La sfera trasparente è costituita da una basetta, spesso in materiale plastico, accoppiata ad un diffusore anch'esso realizzato in materiali plastici privo di schermi di controllo del flusso luminoso. Il portalampada è posizionato in basso o in alto. Disponibile da palo o da parete. Con diverse sorgenti luminose.</p>	ELEVATO	<p>Pur essendo molto diffuso l'uso di questo apparecchio, le possibilità di utilizzo, volendo rispettare le normative illuminotecniche più recenti, ed anche il buon senso, sono praticamente inesistenti. Questo perché l'apparecchio così concepito è completamente assente di qualsiasi dispositivo di controllo del flusso luminoso.</p>	<p>Nella configurazione rappresentata in fotografia, NON si deve utilizzare in nessuna circostanza, in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ lungo strade principali e secondarie ▪ in spazi dove possano circolare mezzi di qualsiasi tipo ▪ in spazi aperti (piazze, parcheggi, viali, ecc..) <p>E' importante sapere che questo tipo di apparecchio produce un abbagliamento elevato essendo sprovvisto di schermatura e può</p>	<p>Non utilizzate MAI questo tipo di soluzione perché, oltre ad essere molto inquinante, il rendimento luminoso è assai basso, infatti, gran parte della luce emessa viene dispersa, con notevole spreco energetico.</p>

FOTOGRAFIA	DESCRIZIONE	LIV. INQUINAMENTO	DOVE SI PUO' USARE	DOVE NON SI DEVE USARE	CONSIGLIO
	La sfera opalina è costituita da una basetta, spesso in materiale plastico, accoppiata ad un diffusore anch'esso realizzato in materiali plastici, priva di schermi di controllo del flusso luminoso. Il portalamпада è posizionato in basso o in alto. Disponibile da palo o da parete. Con diverse sorgenti luminose.	ELEVATO	Pur essendo molto diffuso l'uso di questo apparecchio, le possibilità di utilizzo, volendo rispettare le normative illuminotecniche più recenti, ed anche il buon senso, sono praticamente inesistenti. Questo perché l'apparecchio così concepito è completamente assente di qualsiasi dispositivo di controllo del flusso luminoso. Circa il 50% del flusso luminoso viene disperso verso l'alto e il materiale opalino riduce di un ulteriore 20% la resa luminosa.	rappresentare un pericolo per la sicurezza nella guida. Nella configurazione rappresentata in fotografia, tra la più usata, NON si deve utilizzare in nessuna circostanza, in particolare: <ul style="list-style-type: none"> lungo strade principali e secondarie in spazi dove possano circolare mezzi di qualsiasi tipo in spazi aperti (piazze, parcheggi, viali, ecc..) 	Sconsigliamo vivamente l'uso di questo apparecchio anche perché col passare del tempo il materiale opalino ingiallisce riducendo così drasticamente la resa luminosa già di per sé molto bassa (<40%).
	La sfera trasparente con frangiluce bianco è costituita da una basetta, spesso in materiale plastico, accoppiata ad un diffusore anch'esso in materiali plastici. Il portalamпада è posizionato in basso o in alto, il controllo del flusso luminoso è affidato a un frangiluce bianco. Disponibile da palo o da parete. Con diverse sorgenti luminose.	MEDIO	Questo apparecchio rispetto ai precedenti può essere utilizzato in applicazioni marginali: <ul style="list-style-type: none"> lungo strade secondarie parcheggi aree residenziali <p>Va comunque tenuto conto del bassissimo rendimento dell'apparecchio che può risultare vicino al 30%, e quindi inefficace a svolgere la propria funzione.</p>	Nella configurazione rappresentata in fotografia, NON si deve utilizzare: <ul style="list-style-type: none"> lungo strade principali (statali e provinciali) in spazi dove esiste circolare mezzi elevata 	Proprio per il bassissimo rendimento luminoso sconsigliamo l'utilizzo di questo apparecchio in qualsiasi circostanza. La valutazione architettonica la rende inaccettabile per l'introduzione nell'arredo urbano.
	Armatra stradale con coppa prismatica è costituita da un corpo, in materiale plastico o metallico, accoppiato ad una coppa in materiale plastico o vetro prismaticizzato. Il portalamпада è posizionato lateralmente. Il controllo del flusso luminoso è affidato a un riflettore e i prismi posti sul diffusore. Disponibile da palo o da parete. Con	ELEVATO	Questo tipo di apparecchio è diffusissimo. La coppa prismatica incrementa l'uniformità ma disperde una grande quantità di flusso luminoso verso l'alto e molto spesso risulta abbagliante per l'osservatore. Questo apparecchio è da considerarsi superato tecnicamente quindi ve ne sconsigliamo l'utilizzo.	Come già detto l'apparecchio è da ritenersi superato quindi ne sconsigliamo l'uso in qualsiasi situazione.	Utilizzate un armatura che sia provvista di vetro piano anziché una coppa prismatica. Utilizzate poi tale l'armatura in posizione perfettamente orizzontale.

FOTOGRAFIA	DESCRIZIONE	LIV. INQUINAMENTO	DOVE SI PUO' USARE	DOVE NON SI DEVE USARE	CONSIGLIO
	diverse sorgenti luminose.				
	Armatura stradale con forte inclinazione è un applicazione frequentemente utilizzata, soprattutto in passato. Viene utilizzata un corpo illuminante stradale classico come l'apparecchio sopra descritto. Disponibile da palo o parete.	ELEVATO	La configurazione rappresentata nella fotografia non si può usare in nessuna circostanza anche perché sarebbe controproducente per l'elevata dispersione del flusso luminoso e il pessimo risultato in termini di resa luminosa.	In nessuna circostanza.	Se l'apparecchio possiede un diffusore piano sarà sufficiente riportarlo in posizione orizzontale mediante un novo sostegno.
	La coppa sospesa usata moltissimo nei centri urbani in passato, quest'apparecchio veniva ancorato ad un cavo, che spesso era teso tra due edifici. La sorgente inizialmente di tipo incandescente è stata via via soppiantata dalle lampade ai vapori di mercurio e poi dalle lampade al sodio. La coppa di diffusione può essere realizzata in vetro stampato prismatico o in materiali plastici.	ELEVATO	Questo apparecchio si può utilizzare purché l'apparecchio disponga di una coppa perfettamente riflettente. E non come quella rappresentata in fotografia. <ul style="list-style-type: none"> nei centri urbani 	La configurazione rappresentata in fotografia, NON si deve utilizzare: <ul style="list-style-type: none"> lungo strade principali (statali e provinciali) in spazi dove esiste una circolazione di mezzi elevata 	Anche per ragioni di arredo urbano oggi si tende ad eliminare questi sistemi posti su cavi. Se comunque si intende mantenere tale configurazione, consiglio vivamente di utilizzare un apparecchio con coppa in alluminio e con la lampada posta tutta all'interno della coppa.
	Il proiettore inclinato si tratta di un apparecchio composto da un armatura, spesso metallica, contenente la lampada ed il riflettore. La sorgente può essere di tipo alogena, per piccole potenze, o a scarica nei gas per proiettori maggiori. Il riflettore, di tipo simmetrico o asimmetrico, frontalmente chiuso da un vetro temperato. Nell'apparecchio molto spesso trova alloggiamento anche il gruppo di alimentazione (per i	ELEVATO	Il proiettore installato in fotografia può essere installato a patto che non vi sia flusso luminoso disperso nel cielo. <ul style="list-style-type: none"> illuminazione di facciate (solo se molto vicine) illuminazione di oggetti o situazioni che ricevano l'intero flusso luminoso 	In tutte le situazioni dove un errato posizionamento provochi una dispersione di luce verso il cielo Qualora provochi effetti di abbagliamento per chi percorre le strade alla guida di autoveicoli o motoveicoli.	Questo tipo di proiettore va usato mantenendo il diffusore posizionato in modo che illumini dall'alto verso il basso e orientato perfettamente orizzontale. Servirsi delle alette paraluce per correggere eventuali dispersioni di luce. Per deviare il fascio di luce non inclinate i fari ma usate proiettori asimmetrici. Ne esistono in commercio con asimmetrie vicine ai 70°.




FOTOGRAFIA	DESCRIZIONE	LIV. INQUINAMENTO	DOVE SI PUO' USARE	DOVE NON SI DEVE USARE	CONSIGLIO
	<p>proiettori a scarica).</p> <p>La lanterna sospesa anch'essa usata moltissimo nei centri urbani in passato, veniva ancorata ad un cavo, spesso teso tra due edifici. La sorgente inizialmente di tipo incandescente, è stata via via soppiantata dalle lampade ai vapori di mercurio e successivamente dalle lampade al sodio. La coppa di diffusione può essere realizzata in vetro stampato prismatico o in materiali plastici.</p>	MEDIO	E' sconsigliato l'utilizzo di questo apparecchio in qualsiasi circostanza considerando anche che tale apparecchio è ormai obsoleto.	<p>La configurazione rappresentata in fotografia, NON si deve utilizzare:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ lungo strade principali (statali e provinciali) ▪ in spazi dove esiste circolare mezzi elevata ▪ nei centri storici 	Anche per ragioni di arredo urbano oggi si tende ad eliminare questi sistemi posti su cavi. Se comunque si intende mantenere tale configurazione, consiglio vivamente di utilizzare un apparecchio con coppa in alluminio e con la lampada posta tutta all'interno della coppa.



Figura 9 - Versione 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series: visibilità media annua della luce artificiale, 2012. Immagini e processamento dati a cura del NOAA's National Geophysical Data Center (Colorado USA). Dati DMSP reperiti da US Air Force Weather Agency rendering con ArcGlobe 10.1

1.5. - EFFICIENTAMENTO

In Lombardia (fonte Piano di Azione per l'Energia Regionale – PEAR), i consumi di energia elettrica per l'illuminazione pubblica, pari a 907,3 GWh, rappresentano il 5,6% dei consumi elettrici dell'intero settore terziario e circa l'1,4% dei consumi elettrici totali (dati riferiti all'anno 2005) e sono cresciuti del 30% rispetto al 1998. I potenziali di risparmio energetico sono notevoli: l'adeguamento di un apparecchio obsoleto per l'illuminazione ai dettami della LR n. 17/2000, ad esempio, può comportare un risparmio compreso tra il 20% e il 40%. Dall'analisi dei dati traspare che le lampade obsolete e da sostituire sono la grande maggioranza: circa il 70% dei punti luce presenti in Lombardia, infatti, è costituito da lampade al mercurio, che non solo sono caratterizzate da scarsa efficienza energetica, ma per le quali è stata vietata l'immissione sul mercato a partire dal 1° luglio 2006 (Direttiva 2002/95/CE del Parlamento europeo, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 25 luglio 2005, n. 151). Le lampade al vapore di sodio ad alta pressione rappresentano solo il 23%.

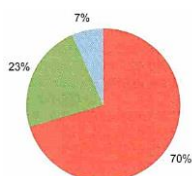


Figura 10 - Numero di punti luce presenti in Lombardia per tipologia, anno 2002 (fonte PEAR RL)

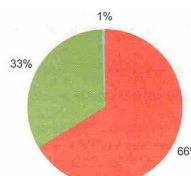


Figura 11 - Potenza dei punti luce presenti in Lombardia per tipologia, anno 2002 (fonte PEAR RL)

■ Mercurio
■ Sodio Alta Pressione
■ Lampade HID

Lo "Scenario tendenziale" prevede dunque che il consumo elettrico imputabile alla pubblica illuminazione cresca del 4,3% all'anno rispetto al valore registrato nel 2005 e che rimanga invariato il numero di lampade a mercurio e la relativa potenza installata. Sono stati calcolati i risparmi energetici corrispondenti a due diversi scenari di evoluzione del settore illuminazione pubblica al 2012, nell'ipotesi che il funzionamento annuo delle lampade sia pari a 4.000 ore:

"Scenario Medio": si ipotizza che il 75% dei punti luce a mercurio venga sostituito da lampade SAP di potenza ridotta e pari flusso luminoso entro il 2012 (si assume un fattore di riduzione del numero di punti luce del valore di 0,66);

"Scenario Alto": si ipotizza che tutti i punti luce a mercurio vengano sostituiti da lampade SAP di potenza ridotta e pari flusso luminoso entro il 2012 (si assume un fattore di riduzione del numero di punti luce del valore di 0,66).

SCENARI	CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA AL 2012 (GWH)	Δ RISPETTO ALLO SCENARIO TENDENZIALE	Δ RISPETTO AL 2005	TEP RISPARMIATE
Scenario medio	650.2	- 31 %	- 28%	22170
Scenario alto	580.9	- 39 %	- 36 %	28065

Tabella 8 - Scenari di consumo di energia elettrica per il settore Illuminazione pubblica (fonte PEAR)

SCENARI	CO ₂ (kt)	NO _x (t)
Scenario medio	96	119
Scenario alto	122	151

Tabella 9 - Benefici ambientali: riduzione delle emissioni (fonte PEAR)

2. - CONTESTO

2.1. - INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1.1. - POSIZIONE GEOGRAFICA

Il territorio comunale si localizza nel Piano di Spagna, alla confluenza tra la Valtellina, la Valchiavenna ed il Lario. Quest'ambito territoriale è molto peculiare e caratterizzato, nel fondovalle, dalla presenza forte dell'acqua (Lago di Como, Lago di Novate Mezzola, Fiume Adda, Fiume Mera). Quest'ultima garantisce condizioni di umidità tendenzialmente significative, tant'è che le pianure rigogliose sono intensamente sfruttate ai fini agricoli e zootecnici.

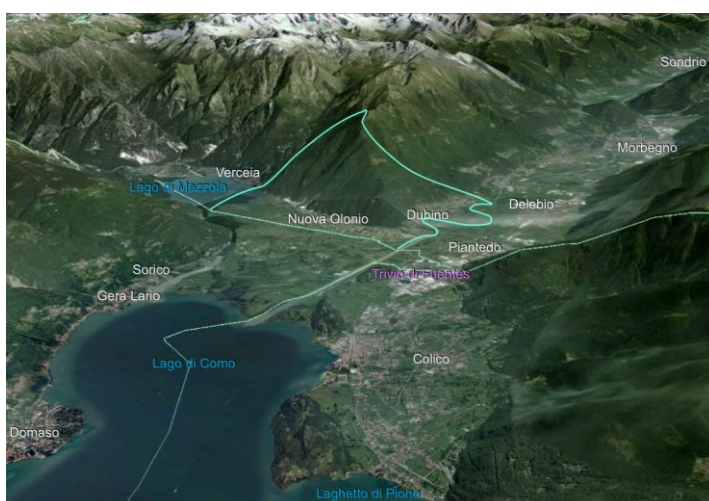


Figura 12 – Dubino: posizione geografica

Il territorio comunale, come dimostra il grafico successivo, è quindi interamente montuoso ed è esposto principalmente verso est, sud-est. Lo sviluppo della superficie comunale avviene secondo il seguente ordine di fasce altimetriche.

	Valori assoluti (ha)				
	Dubino	Verceia	Mantello	Piantedo	Morbegno
fino a metri 500	900	463	255	337	860
da 501 a 1000	300	308	71	157	476
da 1001 a 1500	95	307	43	96	203
da 1501 a 2000	10	40	0	74	29
oltre 2000	0	0	0	10	0
TOTALE:	1305	1118	369	674	1568

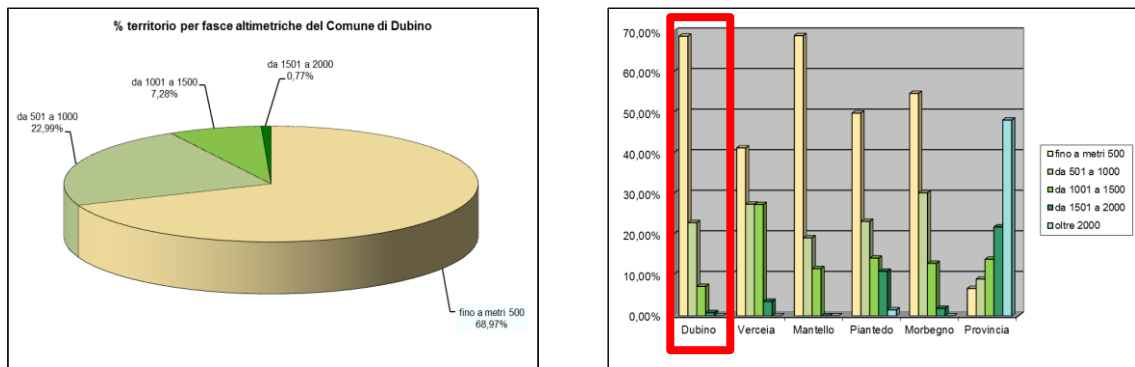


Figura 13 - Il territorio comunale suddiviso per fasce altimetriche

2.1.2. - PRINCIPALI CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Nel contesto la presenza di precipitazioni non è particolarmente accentuata. Il clima è influenzato dalla presenza del Lago di Como e del Lago di Novate Mezzola. L'ambiente, nel complesso, presenta **tassi di umidità medi significativi**; ciò può influenzare le condizioni dell'illuminazione pubblica notturna e diurna. Il territorio più **antropizzato** si dispiega nel **fondovalle**, riservando ai ripidi versanti ed ai pianori di montagna le condizioni di maggiore naturalità.

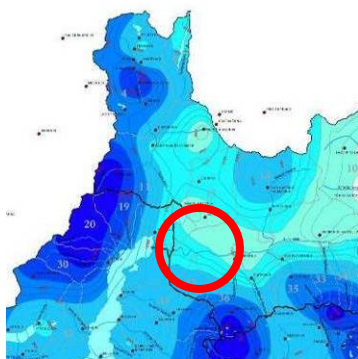
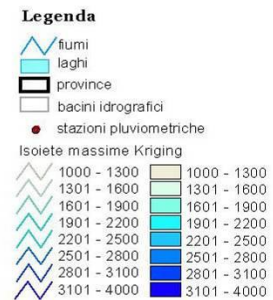


Figura 14 – Carta delle precipitazioni massime annue del territorio alpino lombardo 1891/1990 (fonte DG Territorio e Urbanistica, UO Rischio idrogeologico e sismico)

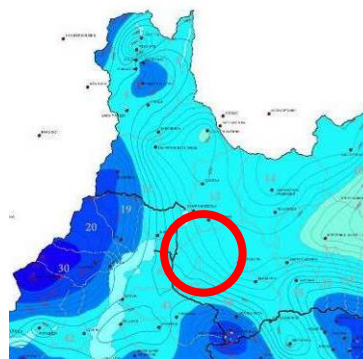


Figura 15 – Carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino lombardo 1891/1990 (fonte DG Territorio e Urbanistica, UO Rischio idrogeologico e sismico)

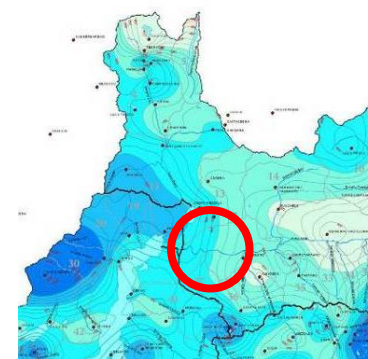


Figura 16 – Carta delle precipitazioni minime annue del territorio alpino lombardo 1891/1990 (fonte DG Territorio e Urbanistica, UO Rischio idrogeologico e sismico)

Ai fini della realizzazione delle armature per l'illuminazione, specie quella pubblica, ma non solo, è importante valutare adeguatamente, secondo le normative tecniche unitarie, il carico da neve al suolo. Esso dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle

precipitazioni nevose da zona a zona. In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto dell'altezza del manto nevoso e della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello riportato nella normativa tecnica unificata e brevemente riportato nelle Norme Tecniche e di Indirizzo di cui al presente documento.

Regione alpina: carico della neve al livello del mare
Legenda

Zona N°	kN/m ² (A = 0)
1	0,7
2	1,3
3	1,9
4,5	2,9

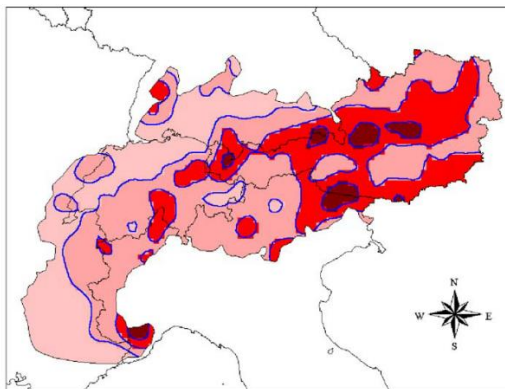


Figura 17 - Immagine tratta dalle normative tecniche EN 1991-1-3 del 2004

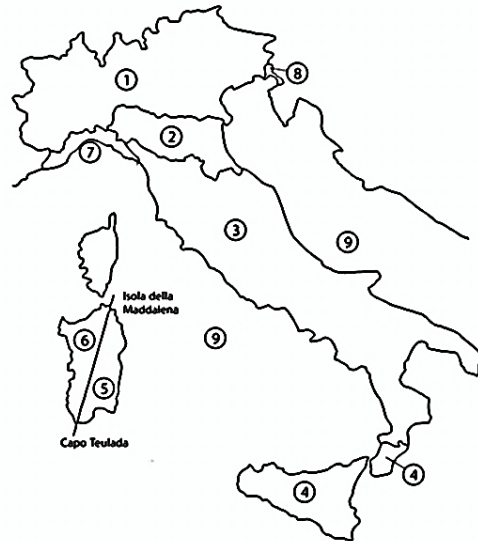


Figura 18 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano in base alla ventosità. Valori crescenti indicano maggiore livello di criticità

Come si evince dalla carta che segue, la ventosità media non è significativa, anche se la localizzazione alla base di versanti ed all'incrocio di 3 grandi vallate può occasionalmente luogo a fenomeni significativi. Questo aspetto è da tenere in considerazione in particolare per quanto riguarda la localizzazione dei pali e dei sostegni dei punti di illuminazione esterna. Si vedano i riferimenti nelle Norme Tecniche e di Indirizzo di cui al presente documento.

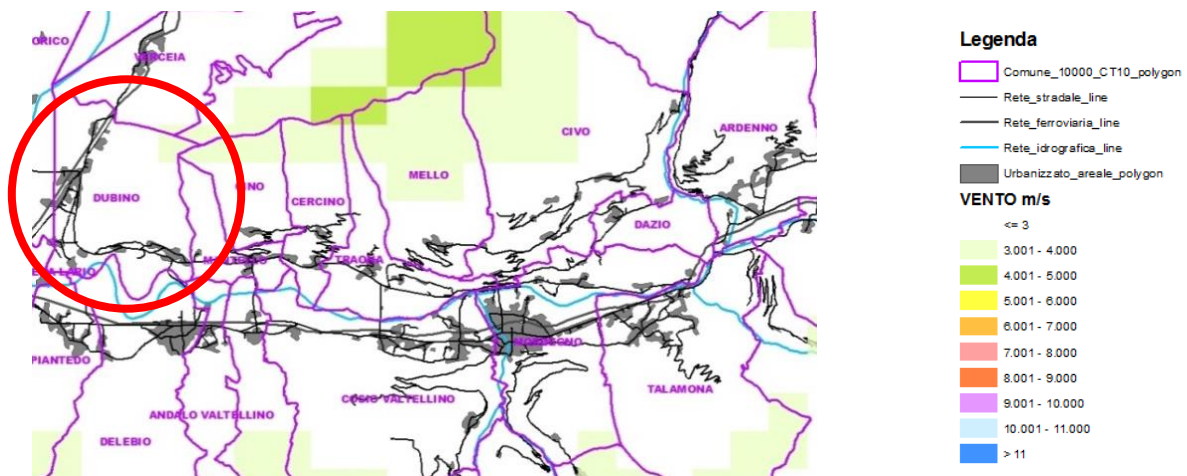


Figura 19 - Carta della ventosità in m/s

2.1.3. - CENNI DEMOGRAFICI

La popolazione di Dubino è in continua crescita secondo quanto riportato dai dati Istat, a partire dall'Unità d'Italia, sino ai giorni nostri. In tale intervallo di tempo il comune non ha conosciuto trend negativo, se non nel periodo bellico della I Guerra Mondiale. Ad oggi (2015) sono residenti oltre 3600 abitanti; tale numero è in continua crescita grazie all'afflusso di migranti che trovano occupazione nelle molte aziende del primario e secondario della bassa Valtellina, Alto Lario e Valchiavenna.

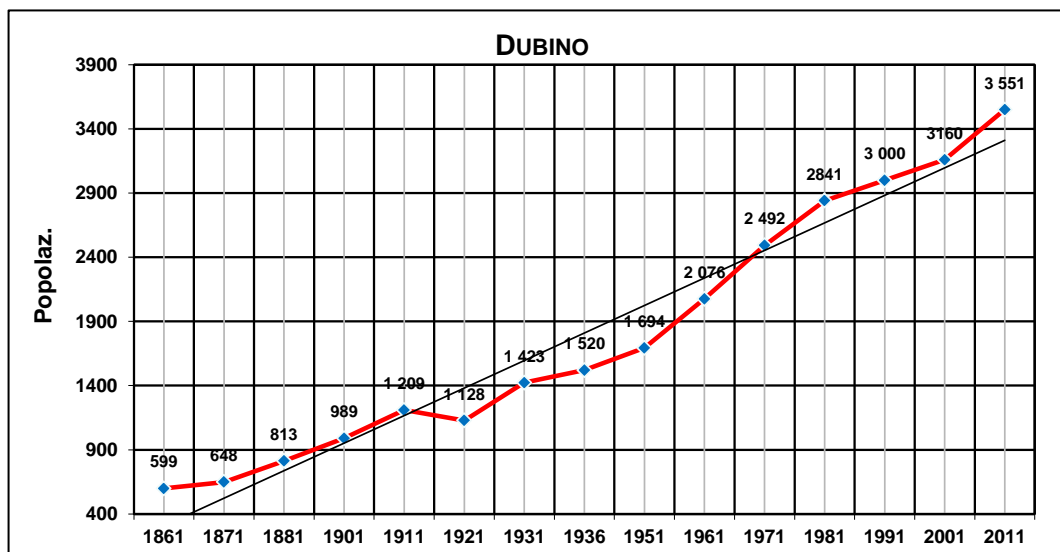


Figura 20 – Trend demografico fino al censimento del 2011 (fonte DdP del PGT)

2.2. - EVOLUZIONE DELL'ILLUMINAZIONE NEL TERRITORIO COMUNALE

L'illuminazione pubblica, per come la conosciamo oggi, necessita di energia elettrica. A partire dal 1961 la realizzazione della centrale idroelettrica di Monastero, presso Dubino, ha permesso lo sviluppo degli impianti di illuminazione così come li conosciamo oggi.

In base ai dati forniti dal gestore degli impianti ed ai sopralluoghi condotti sul campo è stato possibile rilevare le tipologie di apparecchi adottati e le loro modalità di posa. Ciò ha permesso di osservare come buona parte dell'impianto di pubblica illuminazione, nei nuclei storici principali, sia stato presumibilmente realizzato a partire dal II dopoguerra. Tuttavia la maggior parte del patrimonio appartiene ad un'epoca successiva che coincide con la forte espansione demografica ed abitativa. Gli interventi di ammodernamento ed estensione dei quali si beneficia ancor oggi sono datati anni '70-'80.

2.3. - CENTRI ABITATI, INFRASTRUTTURE E VIABILITA'

2.3.1. - DEFINIZIONE DEL CENTRO ABITATO (D.LGS 285/1992)

La rete stradale di Dubino conta differenti diramazioni ed articolazioni di due dorsali principali: la SP04 (Via Valeriana-Strada Regina) e la SS36 (Strada del Lago di Como e dello Spluga). Il limite del Centro abitato si sviluppa proprio in ragione del fatto che queste due strade si incontrano nella rotonda di Nuova Olonio, dopo avere incontrato gli insediamenti principali di Dubino e Nuova Olonio, appunto.

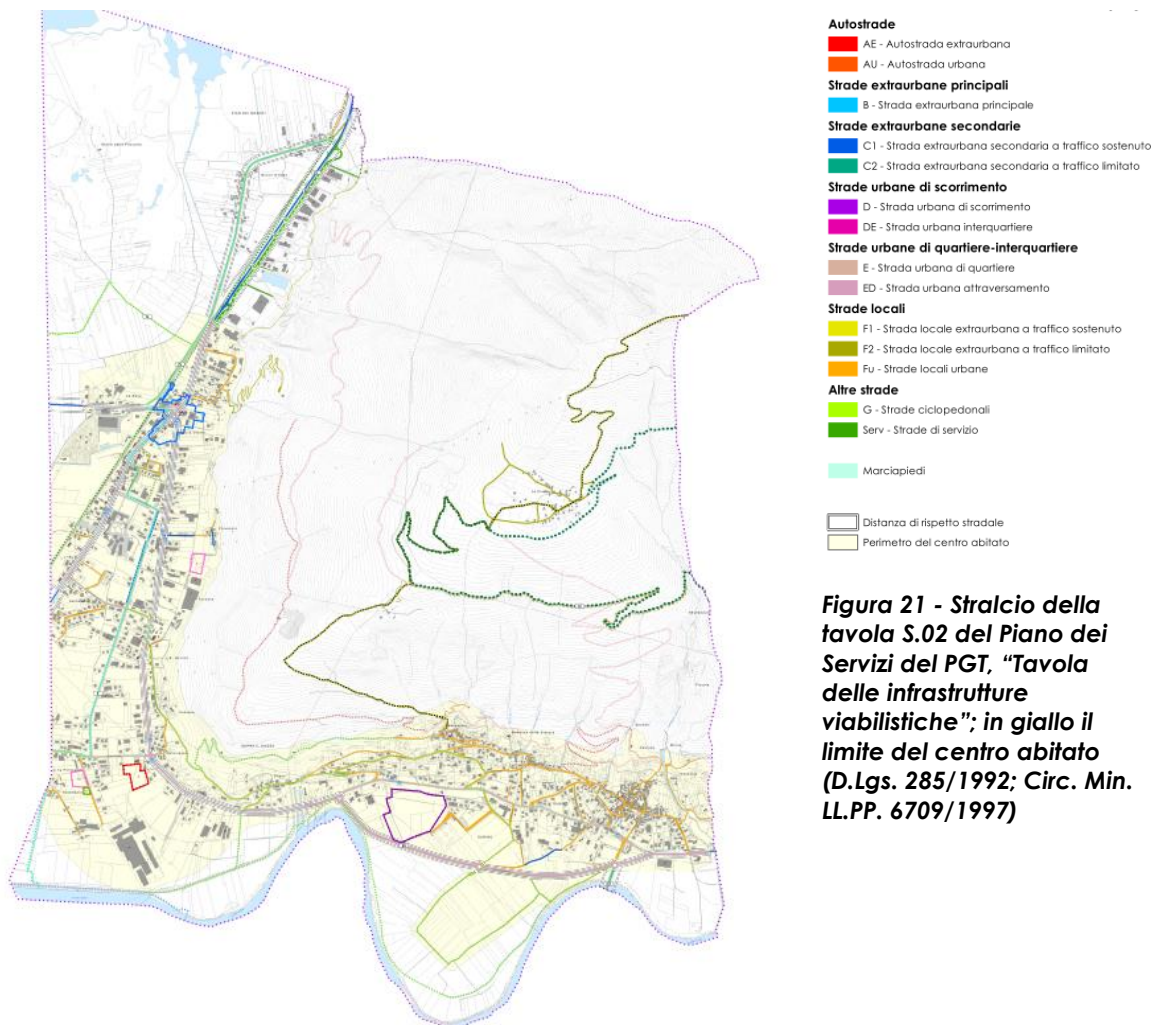


Figura 21 - Stralcio della tavola S.02 del Piano dei Servizi del PGT, "Tavola delle infrastrutture viabilistiche"; in giallo il limite del centro abitato (D.Lgs. 285/1992; Circ. Min. LL.PP. 6709/1997)

2.3.2. - CLASSIFICAZIONE DELLA RETE STRADALE (D.LGS 285/1992)

Sulla base della collocazione del limite del Centro abitato è determinata la classificazione della rete stradale ai sensi del (D.Lgs n. 285/1992), come da "Tavola delle infrastrutture" S.02 del Piano dei Servizi del PGT. Riguardo allo sviluppo della rete si osservino i dati che seguono.

TIPO DI STRADA E LUNGHEZZA SUL TERRITORIO COMUNALE (SVILUPPO IN ML)

SIGLA	DIREZIONI	ESTENSIONE (M)
SS36	Strada Statale del Lago di Como e dello Spluga	2.998
SP04	Via Valeriana - Strada Regina	5.430
	Strade comunali (varie categorie)	22.698
	SOMMANO	31.126

2.4. - AREE OMOGENEE

La struttura urbana è piuttosto frammentata, diffusa e discontinua. Si concentra in prossimità di Dubino e Nuova Olonio, ma non dà mai origine a piazze o luoghi centrali di significativa importanza. Storicamente, l'unico raggruppamento di una certa consistenza che si osserva è quello del centro di Dubino.

La struttura "lineare" degli abitati del comune è disciplinata in particolare modo dalla tavola R.02 – "Carta della Disciplina delle aree". In base alla destinazione d'uso dei suoli da questa assegnata, è possibile ricostruire le macro categorie utili ai fini della classificazione illuminotecnica degli ambiti e delle aree del territorio comunale.

Disciplina d'uso del territorio comunale

- Il Tessuto Urbano Consolidato
- Tessuto storico di Dubino e i nuclei di antica formazione

Ambiti del TUC di recente formazione a prevalente destinazione residenziale

- Residenziali consolidati
- Residenziali di completamento
- Residenziali in quota
- Residenziali sottoposte a PA o convenzione
- Ambiti a verde privato

Modalità di attuazione nel TUC a prevalente destinazione residenziale

- Piano di Recupero - Nucleo rurale di S. Giuliano
- Modalità d'attuazione residenziale

Ambiti del TUC a prevalente destinazione produttiva, annonaia e commerciale

- Ambiti produttivi

Modalità di attuazione nel TUC a prevalente destinazione produttiva e commerciale

- Modalità d'attuazione artigianale
- Deposito materiale in convenzione

Il Territorio extra Urbano riservato all'agricoltura

- Strutture zootecniche esistenti

Ambiti destinati alla produzione agricola

- Aree agricole di fondovalle
- Aree agricole di versante

Infrastrutture e servizi

- Aree per attrezzature cimiteriali
- Aree per attrezzature di interesse comune
- Aree per attrezzature tecnologiche
- Aree per la fruizione del verde e dello sport
- Aree per la mobilità pedonale
- Aree per la sosta veicolare
- Mobilità

Aree non soggette a trasformazione urbanistica

- Aree non funzionali alla produzione agricola
- Aree idriche
- Alvei e aree ripariali
- Ambiti di cava

Infrastrutture e servizi

- Aree per attrezzature cimiteriali
- Aree per attrezzature di interesse comune
- Aree per attrezzature tecnologiche
- Aree per la fruizione del verde e dello sport
- Aree per la mobilità pedonale
- Aree per la sosta veicolare
- Mobilità

Aree non soggette a trasformazione urbanistica

- Aree non funzionali alla produzione agricola
- Aree idriche
- Alvei e aree ripariali
- Ambiti di cava

Varchi o corridoi paesistico-ambientali

- Varchi ineditabili (art. 12 NdA PTCP)
- Varchi ineditabili di interesse locale

Aree di naturalità fluviale

- Aree attigue al fiume Adda

Aree terrazzate

- Terrazzamenti - Art. 17 PTCP

Aree agricole di rilevante valore paesistico

- Ambiti agricoli strategici - Art. 43 PTCP

Geositi

- Pian di Spagna e Cava di fornaci di Nuova Olonio

Aree protette

- Riserva Naturale Pian di Spagna - Lago di Mezzola

Rete ecologica ed areali di primaria tutela

- ZSC - Zone speciali di conservazione (Ex SIC)
- ZPS - Zone di Protezione Speciale Lago di Mezzola e Pian di Spagna

Elementi di compromissione del paesaggio

- Cave cessate - cfr. Catasto delle cave cessate
- Cave attive settore lapidei

Precauzioni ecologiche e ambientali

- Mitigazioni paesaggistiche

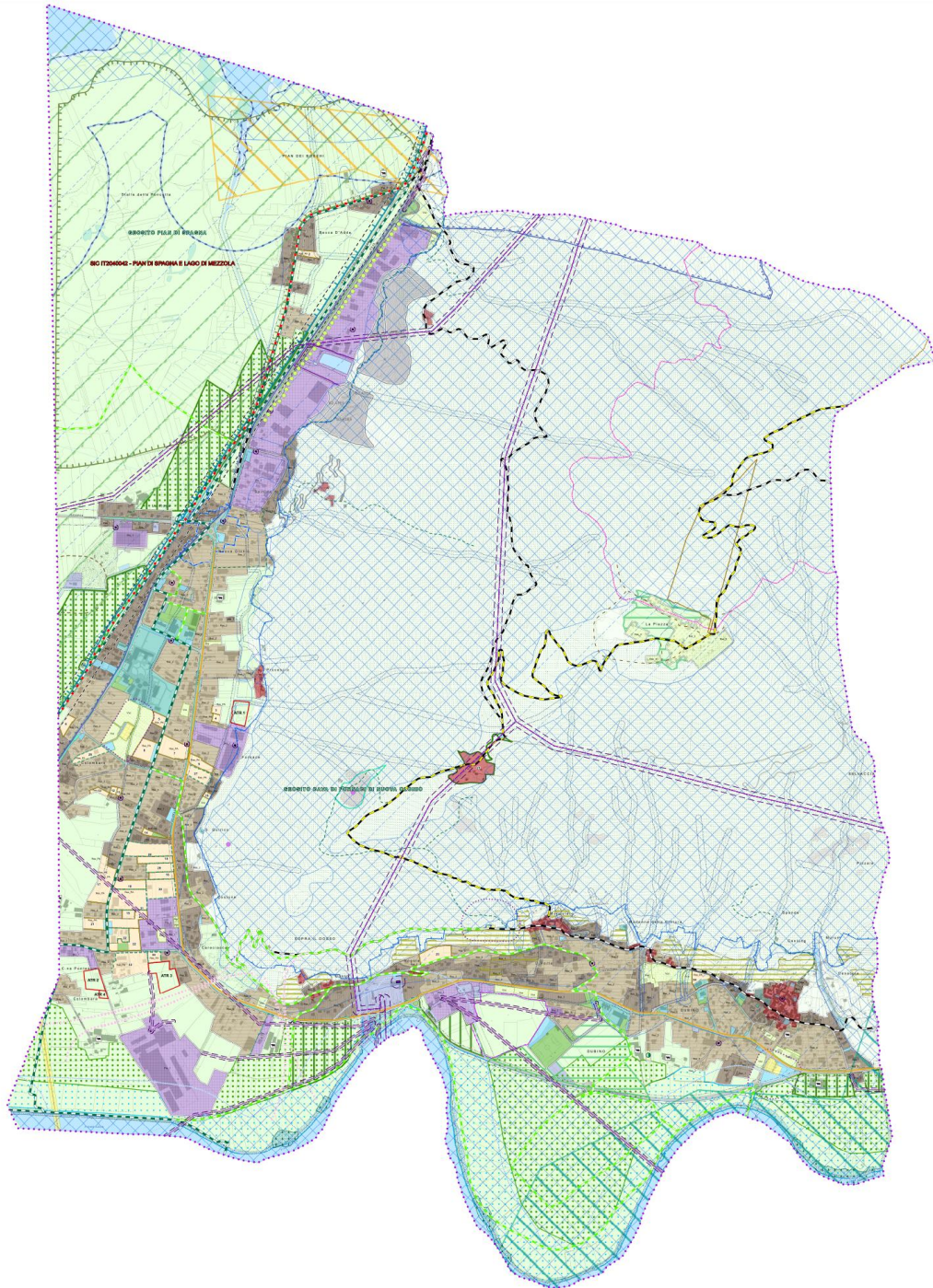


Figura 22 - Stralcio della tavola R.02 del Piano delle Regole del PGT, "Disciplina delle aree"

2.4.1. - AREE PEDONALI, PARCHI, GIARDINI

La "Carta della disciplina delle aree" R.02 del Piano delle Regole e la "Carta delle infrastrutture pubbliche e di interesse generale" S.02 evidenziano la localizzazione e categoria delle aree per servizi e delle attrezzature pubbliche e di interesse generale. Per quanto attiene alle aree pedonali, alle attrezzature verdi dei parchi e dei giardini, gli stessi sono debitamente dettagliati dalla tavola "Sistema del verde e della mobilità lenta" S.03 del Piano dei Servizi.

Si segnalano: A) il polo sportivo tra le via Don Guanella, Europa, L.go Quinto Alpini e l'oratorio lungo la SS36 a Nuova Olonio; B) il campo sportivo a Dubino. E' in previsione la realizzazione di aree a verde attrezzato in prossimità dell'ambito di rigenerazione urbana della rotonda di Nuova Olonio.



Figura 23 - Stralcio della tavola S.03 con in evidenza il polo sportivo tra via Don Guanella, Europa, L.go Quinto Alpini e l'oratorio lungo la SS36 a Nuova Olonio

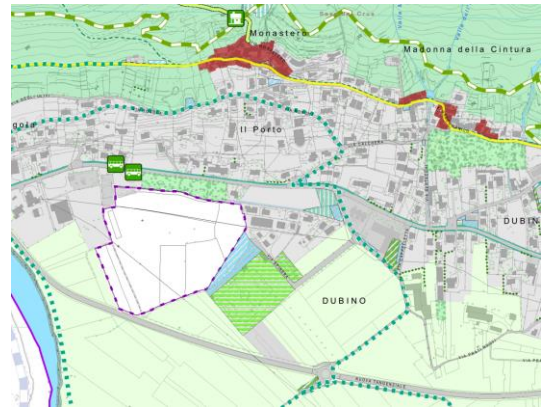


Figura 24 - Stralcio della tavola S.03, con in evidenza il campo sportivo a Dubino

Trattandosi di luoghi non significativi dal punto di vista paesaggistico, ambientale o storico, prevalgono indirizzi generali per la pubblica illuminazione quali:

- A) ILLUMINAZIONE EFFICIENTE DAL PUNTO DI VISTA DEI CONSUMI ENERGETICI
- B) ILLUMINAZIONE IDONEA ALL'UTILIZZO SERALE DEGLI SPAZI SPORTIVI, CON ATTENZIONE ALLA CORRETTA DISPOSIZIONE DEI PROIETTORI RISPETTO ALL'ANGOLO GAMMA (linea di orizzonte);
- C) ILLUMINAZIONE EFFICACE E A BASSO COSTO DEI MARCIAPIEDI DI COLLEGAMENTO TRA LE PRINCIPALI AREE DI VERDE E GLI SPAZI APERTI.

2.4.2. - PARCHEGGI E PIAZZE

Il Piano dei Servizi individua la presenza dei parcheggi e delle piazze.

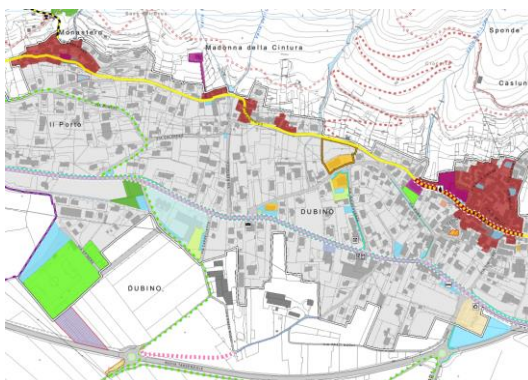


Figura 25 - Stralcio della tavola S.01 "Attrezzature pubbliche e di interesse generale": il nucleo di Dubino e le sue aree per servizi



Figura 26 - Stralcio della tavola S.01 "Attrezzature pubbliche e di interesse generale": il nucleo di Nuova Olonio e le sue aree per servizi

In ragione del contesto comunale il PRIC può assumere quali obiettivi:

- A) ILLUMINAZIONE OTTIMALE DELLE AREE ADIBITE A PARCHEGGIO, LADDOVE POSSIBILE RAZIONALIZZANDO IL NUMERO DEI PUNTI LUCE E/O ABBASSANDO LE POTENZE, CORREGGENDO EVENTUALI ANGOLI GAMMA OLTRE LINEE DI ORIZZONTE;
- B) OTTIMIZZAZIONE DELL'ILLUMINAZIONE NELLE PIAZZE E LUOGHI DI AGGREGAZIONE (CENTRALITA'), MIRANDO A RENDERLI PIU' FRUIBILI ED ACCOGLIENTI GRAZIE A TEMPERATURE DI COLORE PIU' GRADEVOLI;
- C) EVENTUALE INTRODUZIONE DI DISPOSITIVI PER LA PARZIALIZZAZIONE O LA RIDUZIONE DI FLUSSO NELLE ORE PIU' TARDE DELLA NOTTE.

2.4.3. - CENTRI ED EDIFICI STORICI

La qualità dei nuclei storici e delle dimore rurali è significativa soprattutto a Monastero, parte di Dubino e S. Giuliano. Se per quest'ultimo non sono ipotizzabili interventi pubblici di rilevante interesse dal punto di vista della pubblica illuminazione, più importanti considerazioni possono essere tratte su Monastero e Dubino. Trattandosi di situazioni molto puntuali il PRIC dedica ad esse soluzioni specifiche.



Figura 27 - Stralcio della tavola R.02, "Disciplina delle aree", con in evidenza il Nucleo storico di Dubino

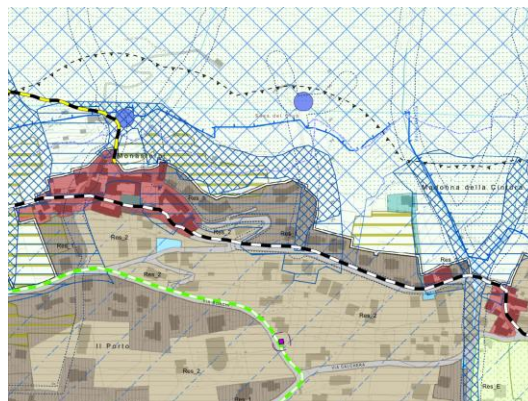


Figura 28 - Stralcio della tavola R.02, "Disciplina delle aree", con in evidenza il Nucleo storico di Monastero e la chiesa della M.na della Cintura

Altri edifici che non sono stati rimaneggiati negli anni ed hanno mantenuto un certo pregio sono classificati come di interesse ambientale (siano essi di valore architettonico-ambientale o della matrice rurale di interesse ambientale). Il PRIC può assumere quali obiettivi:

- A) L'OTTIMIZZAZIONE DELLA TEMPERATURA DEI COLORI E LE RESE CROMATICHE DELLE SORGENTI;
- B) L'ARMONIA COMPOSITIVA DELLE ARMATURE E DEI SUPPORTI DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE (ARREDO URBANO), OLTRE ALL'OTTIMIZZAZIONE DEGLI ILLUMINAMENTI ORIZZONTALI E VERTICALI (ATTENZIONE ALLA VISIONE DI OSTACOLI PER I PEDONI NEGLI ANTRI E SCANLIMATE);
- C) L'INTRODUZIONE DI PROGETTI SPECIALI PER L'ILLUMINAZIONE DEI MANUFATTI STORICI DI MAGGIORE INTERESSE IN FREGIO ALLA VALTELLINA (CASALI AGRICOLI DI MONASTERO, CHIESE DI MONASTERO, MADONNA DELLA CINTURA, ETC.).

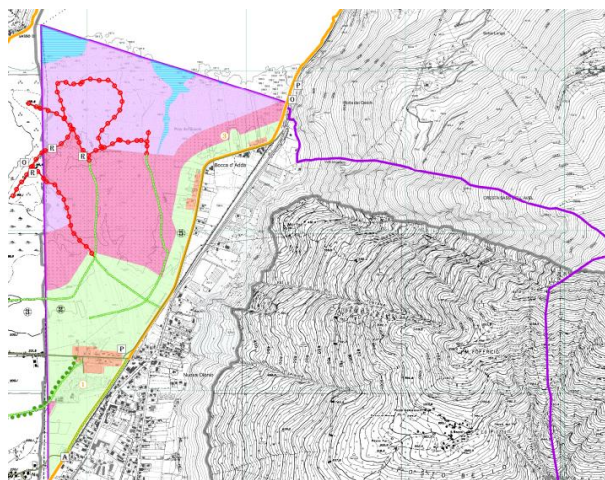
2.5. - PROTEZIONE DALL'INQUINAMENTO LUMINOSO

2.5.1. - AMBITI DI RILEVANZA NATURALISTICA

Come si evince dai successivi stralci di cartografia d'analisi del Documento di Piano del PGT, è da segnalare l'importante presenza del Piano di Spagna, che è tutelata in qualità di:

- ZSC IT2040042 - PIANO DI SPAGNA E LAGO DI MEZZOLA (COINCIDE CON RISERVA)
- RISERVA NATURALE STATALE PIANO DI SPAGNA E LAGO DI MEZZOLA (COINCIDE CON ZSC)
- ZPS IT2040022 - LAGO DI MEZZOLA E PIAN DI SPAGNA
- GEOSITO n. 93 - PIAN DI SPAGNA

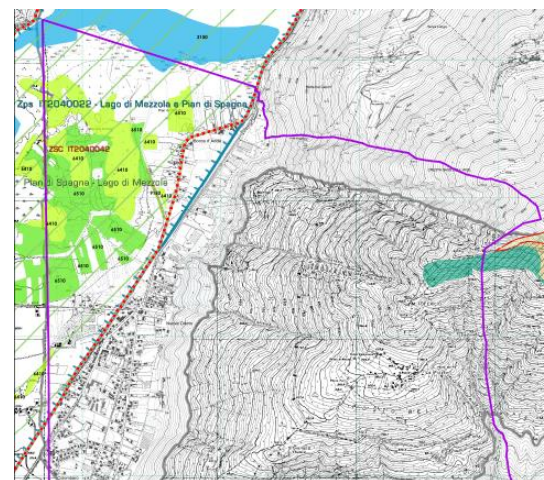
I perimetri relativi a tali elementi sono riportati nei seguenti stralci di cartografia.



D - Piano Riserva Naturale Pian di Spagna - Lago di Mezzola art. 14 L.R. 30/11/1983 n. 86

- Riserva Naturale Pian di Spagna - Lago di Mezzola
- Azzonamento: Riserva naturale**
 - Aree RN1
 - Aree RN2
 - Aree RN3
- Azzonamento: Fascia di rispetto della riserva naturale**
 - Aree ad uso agricolo
 - Aree ad uso residenziale o produttivo

Figura 29 - Estratto dalla tavola 2.3 del DdP del PGT (quadro D)



B - Aree protette e habitat della Rete Natura 2000

- Riserva naturale Pian di Spagna - Lago di Mezzola
- Zone di Protezione Speciale
- Limite ZSC - IT2040042
- Habitat ZSC - IT2040042**
 - 3150 - Magnopotamion - Vegetazione delle acque libere
 - 6410 - Molinion caeruleae - Praterie con Malinia
 - 6510 - Arrhenatherion - Praterie magre da fieno
 - 91E0 - Alnetum glutinoso - Foreste alluvionali

Figura 30 - Estratto dalla tavola 2.3 del DdP (quadro B e C)

All'interno di tali ambiti si assumono quali indirizzi:

A) PER LE AREE **RN1, RN2, RN3 DELLA RISERVA NATURALE** IL DIVIETO ASSOLUTO DI INSTALLAZIONI LUMINOSE E SORGENTI DI LUCE;

B) PER LE **AREE AD USO AGRICOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO DELLA RISERVA NATURALE** LIMITAZIONE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ALLE STRADE DI CATEGORIA F (quelle agricole e/o consortili restano escluse);

C) PER LE AREE AD USO **RESIDENZIALE O PRODUTTIVO DELLA FASCIA DI RISPETTO DELLA RISERVA NATURALE** LIMITAZIONE A POTENZE CONTENUTE E DIVIETO DI INSTALLAZIONE D'INSEGNE LUMINOSE.

2.5.2. - AMBITI DI RILEVANZA PAESAGGISTICA

Oltre alla parte di territorio comunale più peculiare e tutelata sotto al profilo naturalistico, ve ne sono molte altre che presentano caratteristiche ugualmente significative sotto al profilo paesaggistico ed ambientale. In particolare, si tratta:

- DELLE **AREE TERRAZZATE** DEL BASSO VERSANTE (SPECIE IN FREGIO ALLA VALTELLINA);
- DEI **VERSANTI BOSCATI** E ADIBITI A **PASCOLO** O **PRATO PERMANENTE**;
- DELLE **PIANURE AGRICOLE** E DELLE **AREE DI NATURALITA' FLUVIALE** A LATO DEL **FIUME ADDA**.

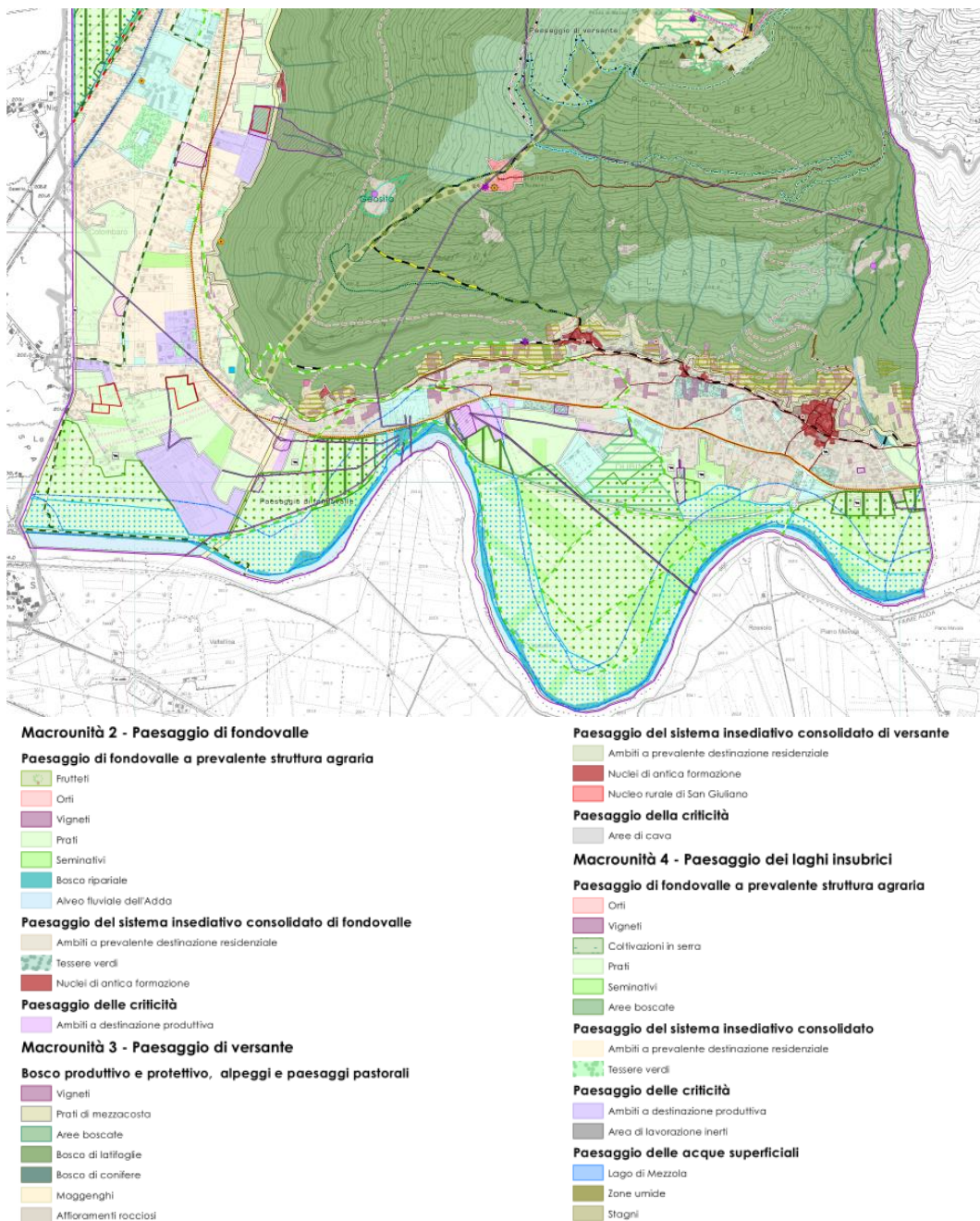


Figura 31 - Estratto dalla tavola 3.2 del DdP del PGT, "Elementi costitutivi del paesaggio"

All'interno di tali ambiti si assumono quali indirizzi:

A) LA PRESERVAZIONE DELLE CONDIZIONI DI NATURALITA' DEL VERSANTE E IL DIVIETO ASSOLUTO DI INSTALLAZIONI LUMINOSE E SORGENTI DI LUCE ALL'INFUORI DEGLI AMBITI INSEDIATI E DEI PUNTI PIU' CRITICI PER LA VIABILITA' VEICOLARE;

B) PER LE AREE AD USO AGRICOLO DEL FONDOVALLE LA LIMITAZIONE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ALLE STRADE DI CATEGORIA F (quelle agricole e/o consortili restano escluse).

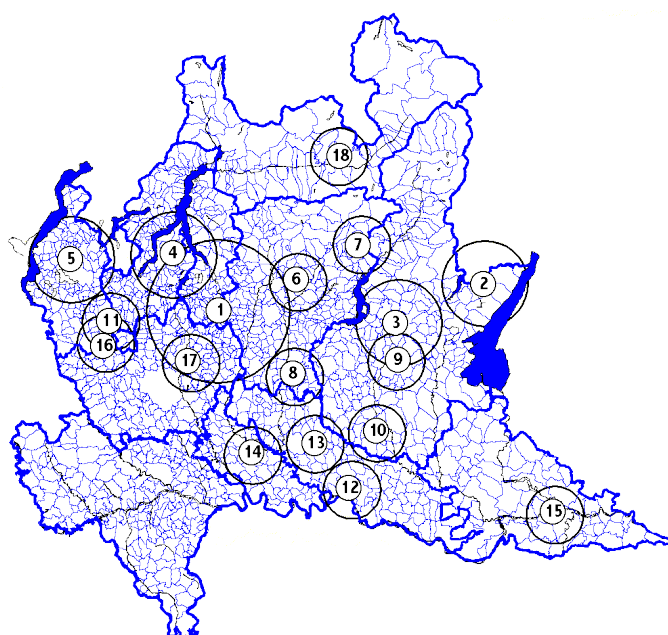
2.5.3. - FASCE DI RISPETTO DAGLI OSSERVATORI ASTRONOMICI

La DGR n. 2611 del 11 Dicembre 2000 "Aggiornamento dell'elenco degli osservatori astronomici in Lombardia e determinazione delle relative fasce di rispetto", richiamato l'elenco di cui all'art. 10 della stessa LR 17/00, all'Allegato A consente di individuare i comuni interessati da fasce di rispetto degli osservatori astronomici.

In particolare, in Provincia di Sondrio, i comuni sono 16 e sono interessati dalla sola fascia di rispetto dell'Osservatorio pubblico astronomico non professionale di Ponte in Valtellina Giuseppe Piazzi, per il quale è prevista un fascia di rispetto di 10 km. **IL COMUNE DI DUBINO NON È INTERESSATO.**

OSSERVATORIO	ZONA DI RISPETTO RADIALE
Osservatori astronomici, astrofisici professionali	25 km
Osservatori astronomici non professionali di grande rilevanza culturale, scientifica e popolare d'interesse regionale	15 km
Osservatori astronomici, astrofisici non professionali di rilevanza provinciale che svolgono attività scientifica e/o divulgazione	10 km

Tabella 10 – Tipologie di osservatori e fasce di rispetto (DGR 2611/2000)



COMUNI INTERESSATI IN PROVINCIA DI SONDRIO

- ALBOSAGGIA
- BIANZONE
- CASPOGGIO
- CASTELLO DELL'ACQUA
- CHIURO
- FAEDO VALTELLINO
- LANZADA
- MONTAGNA IN VALTELLINA
- PIATEDA
- POGGIRIDENTI
- PONTE IN VALTELLINA
- SONDRIO
- SPRIANA
- TEGLIO
- TORRE DI SANTA MARIA
- TRESIVIO

Figura 32 – Gli osservatori astronomici lombardi e le loro fasce di rispetto

2.6. - CENSIMENTO E VERIFICA DELLE SORGENTI LUMINOSE

Al presente documento "LR.01-Relazione generale, Norme ed indirizzi" si aggiunge il documento "LR.02-Censimento delle sorgenti luminose", cui rimanda il presente capitolo.

I dati forniti da ENEL Sole (società che ha in gestione l'impianto di pubblica illuminazione comunale), sono stati integrati con ulteriori dati ed forniti dagli uffici comunali, nonché con indagini ed approfondimenti condotti all'atto della redazione del PRIC dall'estensore.

Esso costituisce il report completo in formato tabellare dei dati relativi ai punti di illuminazione del territorio comunale, raccolti sotto-forma di banca dati GIS ed elaborati al fine di ricostruire il quadro complessivo della situazione di fatto, determinando in particolare la priorità degli interventi sostitutivi attraverso un empirico, ma efficace calcolo basato sulla riconduzione dei dati a categorie, per ciascun punto dell'illuminazione comunale.

La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Prior. sostituzione} = \text{Idoneità gas} + \text{Conformità angolo } \gamma + \text{Coeff. peggiorativo}$$

I valori dei singoli parametri sono determinati sulla base della seguente tabella di conversione.

IDONEITA' GAS	SAP ¹² , SBP, HQI, FLU, LED, ITG, IAL	SI	0	+
	HG	NO	1	
CONFORMITÀ ANGOLO γ	< 90°	SI	0	+
	> 90°	NO	1	
COEFF. PEGGIORATIVO	GAS=HG / POT. >100 W / $\gamma > 90^\circ$	SI	1	+
	GAS#HG / POT. ≥ 200 W / $\gamma > 90^\circ$	SI	1	
	GAS=HG / POT. <100 W / $\gamma < 90^\circ$	NO	0	
	GAS#HG / POT. < 200 W / $\gamma < 90^\circ$	NO	0	
PRIORITÀ INTERVENTO		NULLA	0	=
		BASSA	1	
		MEDIA	2	
		ALTA	3	

Si osservino di seguito alcune statistiche prodotte sulla base dei dati archiviati.

¹² Rispettivamente sodio alta pressione, sodio bassa pressione, alogenuri, fluorescenza, led, incandescenza tungsteno, incandescenza alogena.

3. - INTERVENTI

3.1. - SINTESI ANALITICA

La dotazione di apparecchi per la pubblica illuminazione a Dubino ha subito, in periodi relativamente recenti, ampliamenti (piani attuativi e sistemazioni viabilistiche) oltreché rinnovi e sostituzioni (declassamento, sistemazione e nuova costruzione viabilistiche). In questi casi più recenti sono state adottate soluzioni tecnologiche in linea con quanto previsto dalla normativa, prevalentemente lampade SAP e proiettori chiusi con vetro piano che annullano le dispersioni oltre la linea di orizzonte.

Il quadro che viene a delinearsi rispetto alla tipologia delle lampade è il seguente:

SAP	244 lampade	41%
LED	38 lampade	6%
FLU	35 lampade	6%
HQI	34 lampade	6%
SBP	7 lampade	1%
HG	198 lampade	34% (da sostituire con altra tipologia)
	di 33 lampade, pari al 6%, non si conosce la tipologia.	

Rispetto ai valori di angolo γ risulta che:

CONFORMI	268 sorgenti, pari al 45%, sono conformi
NON CONFORMI	316 sorgenti, pari al 54%, di 5 sorgenti, pari all'1%, non si conoscono le caratteristiche

Rispetto ai valori di potenza delle lampade risulta che per:

231 HANNO POTENZA COMPRESA TRA 100 E 200 W (39% sul totale)

un numero significativo si localizza presso i nuclei e le vie storiche (specialmente a Dubino), alle volte con potenze superiori al reale fabbisogno, considerate anche le ridotte interdistanze

44 HANNO POTENZA SUPERIORE A 200 W (7 % sul totale)

le più dispendiose in termini di potenza elettrica assorbita sono quelle del campo da calcio di Dubino (400, 1000 e 2000 W); è possibile invece utilizzare sorgenti diffuse e con potenze minori anziché potenze elevate concentrate in punti e con basso controllo della direzione del flusso (angolo γ non a norma).

molte di esse con potenza pari a 250 W si concentrano correttamente lungo strade e svincoli con volumi di traffico elevato (SS36 – SP04)

Si conclude che:

- A) sono ancora in funzione molte lampade ai vapori di mercurio;
- B) sono impiegate vecchie armature aperte con proiezione di flusso luminoso oltre la linea d'orizzonte (angolo $\gamma \geq 90^\circ$);
- C) si riscontra una scadente qualità dell'illuminazione (comfort e suggestività) nei centro storici di Dubino e Monastero che sono oggetto di previsioni di valorizzazione;
- D) le potenze di alcune lampade sono riducibili in ragione della loro posizione, interdistanza e della sicurezza della circolazione (specie nel centro storico di Dubino), al fine di ridurre il consumo energetico;
- E) i campi sportivi principali (specie quello di Dubino) consumano molto rispetto al livello d'efficacia;
- F) non sono adottati sistemi di regolazione/riduzione notturna.

3.2. - QUADRO DEGLI INTERVENTI

Come desunto dalla precedente e breve analisi, unitamente al quadro conoscitivo proposto nella cartografia associata, gli obiettivi del PRIC sono di seguito enunciati e descritti nel dettaglio. Sono ordinati secondo obiettivi (OB) cui è assegnata una valutazione del grado di priorità secondo la scala riportata.

PRIORITA'		
ALTA	5	Da eseguire con immediatezza, comprese le fasi progettuali di dettagli eventualmente necessarie.
MEDIO-ALTA	4	Da includere nella programmazione di spesa con l'obiettivo di attuarli entro 3/4 anni
MEDIA	3	Da includere nella programmazione di spesa con l'obiettivo di attuarli entro 4/5 anni
MEDIO-BASSA	2	Da programmare, ma non necessariamente da inserire nella programmazione di spesa
BASSA	1	Da introdurre nella programmazione una volta attuati o preventivata l'attuazione degli interventi con priorità più elevata (2-5)

Tabella 11 – Gradi di priorità degli interventi del PRIC

OB	DESCRIZIONE	PRIORITA'	PROGRAMMAZIONE
1	Sostituzione delle vecchie lampade al mercurio con lampade SAP o di tipo conforme ai requisiti di legge.	5	Ogni volta che deve essere sostituita per rotture una di queste lampade è opportuno intervenire introducendo altre tipologie.
2	Sostituzione dei proiettori con angolo γ non conforme con altri idonei e armatura chiusa.	5	Ogni volta che deve essere sostituita per rotture la lampada con proiettore inadeguato, è opportuno intervenire sostituendo l'intero blocco, proiettore e reattore compresi.

OB	DESCRIZIONE	PRIORITA'	PROGRAMMAZIONE
3	Coerentemente con quanto descritto all'OB1 e OB2, realizzazione di progetti illuminotecnici per la valorizzazione degli spazi pubblici aperti e degli scorci paesaggisticamente più significativi dei centri storici, con l'obiettivo di aumentare il livello di comfort, suggestività e fruibilità dei luoghi.	4	E' auspicabile che gli interventi siano progettati e realizzati nell'arco di 3/4 anni, coerentemente con l'impostazione generale degli interventi di carattere urbanistico proposti dal PGT. E' possibile attingere alle risorse della programmazione regionale e/o comunitaria.
4	Riduzione delle potenze delle lampade all'interno degli abitati principali, anche in ragione delle piccole interdistanze (specie nel centro di Dubino). Obiettivo coerente con i precedenti, specie con l'OB1.	4	Di volta in volta che deve essere sostituita per rotture una di queste lampade è opportuno intervenire introducendone delle altre con potenza più bassa (es. 50/70/80 W anziché 100/125 W). Coerente con OB1-OB2 in particolare.
5	Assoggettare i campi sportivi, specie quello più grande di Dubino, ad un progetto illuminotecnico volto a ridurre le potenze dei proiettori e ad operare una redistribuzione dei flussi, oltre a conformare l'angolo γ .	3	Intervento che necessita di preventiva progettazione: da programmare in un tempo utile di 4/5 anni.
6	Introdurre sistemi di regolazione del flusso che, nelle ore più tarde della notte, ne riducano l'intensità, quando non sia necessario mantenerla al 100% per motivi di sicurezza stradale.	2	Intervento da considerare ed eventualmente programmare per il futuro.

Tabella 12 – Programma degli interventi

3.3. - BENEFICI AUSPICATI

3.3.1. - ASPETTI GENERALI

Per valutare e quantificare la convenienza di ammodernare un impianto esistente mediante la sostituzione delle sorgenti luminose, tralasciando quindi gli aspetti ambientali e di inquinamento, è necessario introdurre il calcolo del tempo di pay-back dell'intervento, cioè il tempo di ritorno dell'investimento. Questo calcolo permette di indicare e valutare fra diverse soluzioni progettuali di intervento quella più appropriata sia nel caso di semplice retrofit di un impianto esistente che anche nel caso di nuovo impianto di illuminazione.

Il costo totale di un impianto di illuminazione è costituito da costi fissi e costi variabili, cioè costi legati all'investimento iniziale, ai costi dovuti al consumo di energia elettrica e ai costi di manutenzione e gestione. Per la valutazione del tempo di pay-back la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) suggerisce l'utilizzo del costo orario totale dell'impianto, T , che tiene conto dei diversi contributi di costo sopra citati, attraverso la seguente formulazione:

$$T = D + C_{Ih} + I + C_M + M \quad [€/h]$$

dove:

$D = A / (B \cdot H)$ = costo orario del materiale impiegato, lampada esclusa, in €/h, con:

A= costo del materiale per gli ausiliari elettrici [€];

B= vita utile degli ausiliari [anni];

H= ore di funzionamento annuo [h/anno].

$C_{lh} = E \cdot F / H_v =$ costo orario della lampada [€/h], con:

- E= costo lampada [€];
- F= numero lampade [-];
- HV = vita utile della lampada [h].

I = costo orario dell'energia elettrica [€/h], dato dalla tariffa elettrica [€/kWh] per il totale della potenza installata [W] e diviso per mille.

$C_M = C_{mh} + C_{mh_sost} =$ costo orario di manutenzione [€/h] con:

- $C_{mh} = (C_{MSOST} \cdot 1/B)/H =$ costo orario di manutenzione ausiliari [€/h];
- $C_{mh_sost} = C_{MSOST} / H_v =$ costo orario di manutenzione lampada [€/h], in cui:
- $C_{MSOST} =$ costo di manutenzione per la sostituzione delle lampade e/o ausiliari [€].

$M = K_M \cdot (D + C_{lh} + C_M) =$ costo per gli altri interventi [€/h], con: $K_M =$ coefficiente 0,20.

Ne deriva che il tempo di pay-back S_{pb} (espresso in anni) è calcolabile con la seguente relazione:

$$S_{pb} = J / [(T_{vs} - T_{ns}) \cdot H]$$

con:

- J = investimento iniziale [€];
- T_{vs} e $T_{ns} =$ costo orario totale della vecchia e della nuova soluzione [€/h];
- H = ore annue funzionamento [h/anno].

Nelle diverse variabili che intervengono usualmente nelle valutazioni le ore annue di funzionamento dell'impianto sono di fatto una costante e stabilite in base alle ore di buio in un anno (essendo collegati gli impianti di illuminazione ad interruttori crepuscolari). Questo valore è stimato statisticamente in 4.200 ore/anno.

Si osservi di seguito come dismettendo le lampade al mercurio in favore di lampade SAP o HQI si ottengano forti risparmi in termini di potenza e, a seconda dei casi, anche importanti miglioramenti dell'intensità del flusso luminoso.

Da MERCURIO A.P.	A SODIO A.P.	RIDUZIONE POTENZA W (%)	VARIAZIONE FLUSSO LUMINOSO (%)
80 W	50 W	30 W (- 37,5%)	+ 10%
80 W	70 W	10 W (- 12,5%)	+ 65%
125 W	70 W	55 W (- 44%)	- 1 %
125 W	100 W	25 W (- 20%)	+ 60 %
250 W	100 W	150 W (- 60%)	- 24%
250 W	150 W	100 W (- 40%)	+ 23%

Da MERCURIO A.P.	A IODURI MET.	RIDUZIONE POTENZA W (%)	VARIAZIONE FLUSSO LUMINOSO (%)
80 W	45 W	35 (-44%)	+ 2%
125 W	60 W	65 (-52%)	+ 3%
250 W	140 W	110 (-44%)	+ 16%

Tabella 13 – Esempi di possibili sostituzioni delle lampade ai vapori di mercurio ai fini dell'ottimizzazione del flusso luminoso della riduzione della potenza degli apparecchi

3.3.2. - RISPARMI: STIME DI MASSIMA

Stando ai dati raccolti e disponibili, a Dubino, valgono le seguenti considerazioni generali circa le sostituzioni delle lampade al mercurio.

TIPO	QUANTITA'	POTENZA (W)	kWh/annui	SOSTITUZIONE	TIPO	POTENZA (W)	kWh/annui	RISPARMIO kWh/annui	RISPARMIO %	RISPARMIO €/anno	
HG	117	125	61425		>>	SAP	100	49140	12285	20%	2521
HG	41	80	13776		>>	SAP	70	12054	1722	13%	
HG	40	50	8400		>>	SAP	50	8400	-	0%	

Traducendo i kWh/anno in €/anno utilizzando il valore medio di costo dell'energia elettrica per usi finali in Italia di 0,18 €/kWh, si ottiene un risparmio di 2521 €/anno.

A fronte di un costo medio stimato per ogni armatura da sostituire, compresa la lampada SAP, pari a circa 110 €/cadauno, l'investimento iniziale è di almeno 20.000 €.

Occorrono circa 8/9 anni per ammortarlo, considerando che la sostituzione delle lampade SAP, così come le HG, deve comunque avvenire dopo c.ca 20.000 h o 4/5 anni (4200 h/anno).

L'investimento sulle lampade SAP, dunque, **rischia di non essere totalmente soddisfacente** visto il **protrarsi dei tempi di ammortamento** e le differenze nulle in termini di durata delle lampade.

Considerato che le lampade SAP hanno un'efficienza luminosa pari a 80-150 lm/W e quelle a LED pari a 80-120 lm/W, è opportuno considerare anche la sostituzione delle lampade a mercurio con apparecchi a LED di nuova generazione, ad alta efficienza ed elevati indici di resa cromatica.

TIPO	QUANTITA'	POTENZA (W)	kWh/annui	SOSTITUZIONE	TIPO	POTENZA (W)	kWh/annui	RISPARMIO kWh/annui	RISPARMIO %	RISPARMIO €/anno	
HG	117	125	61425		>>	LED	85	41769	19656	32%	4460
HG	41	80	13776		>>	LED	60	10332	3444	25%	
HG	40	50	8400		>>	LED	40	6720	1680	20%	

Traducendo i kWh/anno in €/anno utilizzando il valore medio di costo dell'energia elettrica per usi finali in Italia di 0,18 €/kWh, si ottiene un risparmio di 4460 €/anno.

A fronte di un costo medio stimato per ogni armatura da sostituire, compresa la lampada LED ad alta efficienza, pari a 250 €/cadauno, l'investimento iniziale è di almeno 49.000 €.

In questo caso occorrono circa 10/11 anni per ammortarlo. Tuttavia la vita media di una lampada LED raggiunge le 60.000 h, perciò i primi interventi sostitutivi (4200 h/anno) avvengono a 14/15 anni dall'installazione. In base ciò possono essere esercitati 4/5 anni di utilizzo risparmiando somme non lontane da 18.000/22.000 €.

I conti sopra esposti non possono essere totalmente esaustivi, poiché si tratta di stime di massima che tengono conto di parametri statici e numericamente ristretti. Tuttavia aiuta a comprendere l'ordine di grandezza potenziale degli interventi e dei risparmi connessi.

Nel caso specifico giocano a favore delle nuove tecnologie LED il ridotto consumo energetico e, soprattutto, la vita media.

3.3.3. - REGOLAZIONE DEL FLUSSO: CENNI

Il successivo schema ipotizza, sulla base di studi ed approfondimenti statistici, un possibile modello di funzionamento del sistema di regolazione della tensione applicato all'illuminazione stradale. Si osservi come, nel corso delle ore notturne, durante le quali l'esigenza di illuminazione è tendenzialmente molto ridotta, sia possibile diminuire in maniera progressiva (senza rovinare le lampade) la tensione di corrente elettrica circolante nella rete di alimentazione.

Nello schema è ipotizzato un Δ (differenziale) che parte da un valore massimo di 240V sino ad un valore minimo di 180 V.

A fronte di quanto esposto nel grafico¹³, a seconda delle fasce orarie è possibile beneficiare di consistenti risparmi, se si considera il tempo di accensione medio pari a 4200 ore/anno.

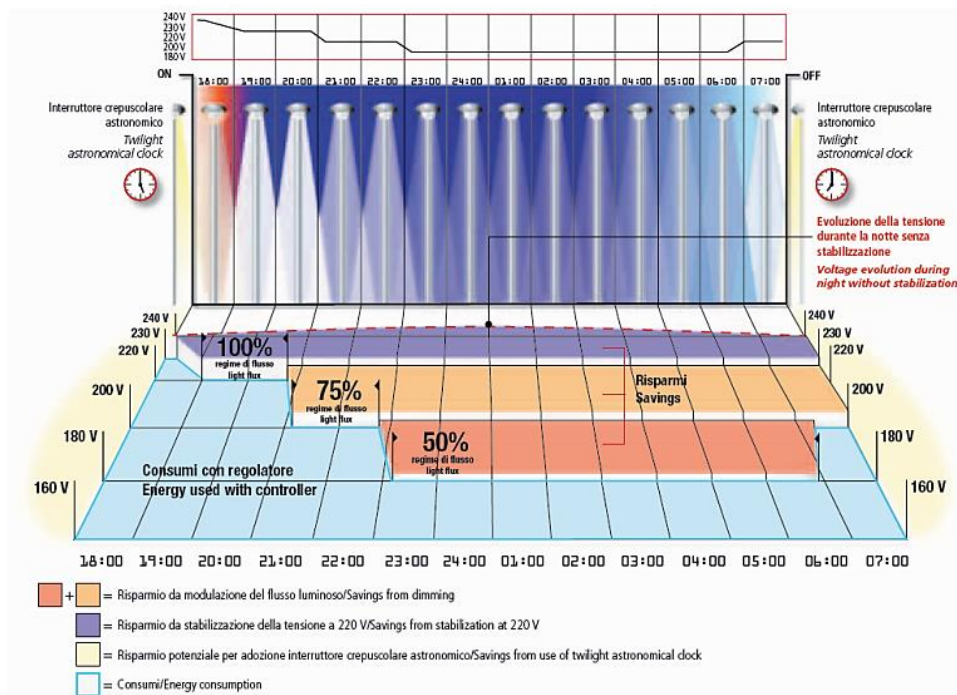


Figura 33 – Schema ipotetico di risparmio dell'energia elettrica grazie al funzionamento di un sistema di regolazione del flusso

¹³ Fonte Linee Guida operative per la realizzazione di impianti di Pubblica illuminazione dell'RSE, Ricerca Sistemi Energetici, già ERSE S.p.A. (Ente di ricerca sul Sistema Elettrico, ENEA), a cura di Walter Grattieri e Roberto Menga, 2012.

NORME TECNICHE ED INDIRIZZI

(Le presenti disposizioni sono redatte tenendo conto degli indirizzi dell'ing. Marco Vedovato e dell'ing. Alberto Duches, pubblicati dall'associazione "CieloBuio - Coordinamento per la Protezione del Cielo Notturmo", e redatti in occasione del "Seminario Internazionale di formazione per astrofili e operatori del settore illuminotecnico per l'approfondimento delle problematiche legate all'inquinamento luminoso ed alla professione illuminotecnica")

TITOLO I. - DEFINIZIONI E DISPOSIZIONI GENERALI

ART 1. - CONTENUTI E FINALITA' DEL PRIC

Sono finalità del Piano Regolatore dell'Illuminazione Pubblica Comunale (PRIC):

- IL RAZIONALE E COORDINATO SVILUPPO DELLE RETI DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA;
- LA PUBBLICA SICUREZZA E LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE;
- IL RISPARMIO ENERGETICO, L'EFFICIENTAMENTO ED IL MANTENIMENTO DEL CAPITALE INFRASTRUTTURALE DELLE RETI DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA;
- LA LOTTA ALL'INQUINAMENTO LUMINOSO ED ALLA TUTELA DEGLI AMBITI INTERESSATI DAGLI OSSERVATORI ASTRONOMICI;
- LA VALORIZZAZIONE DEI LUOGHI CENTRALI PER LA VITA DELLE COMUNITA' E LA VALORIZZAZIONE DEI PRINCIPALI BENI STORICI E CULTURALI.

Il presente PRIC si compone dei seguenti elaborati:

ELABORATO	DESCRIZIONE	SCALA
LR.01	Relazione generale, Norme ed indirizzi	-
LR.02	Censimento delle sorgenti di pubblica illuminazione	-
L.01	Carta di classificazione illuminotecnica delle strade	1:10.000/1:5.000
L.02	Carta di classificazione del territorio comunale ai fini illuminotecnici	1:5.000
L.03_A/B	Ricognizione e classificazione degli apparecchi della pubblica illuminazione	1:2.000
L.04_A/B	Priorità degli interventi sostitutivi	1:2.000

ART 2. - GRANDEZZE FOTOMETRICHE

ART 2.1. - RELATIVE ALLE SORGENTI LUMINOSE

2.1.1. - FLUSSO LUMINOSO (Φ)

Il Flusso luminoso definisce la quantità di luce emessa nell'unità di tempo da una sorgente luminosa o, come accade nel contesto dell'illuminazione, da un apparecchio.

L'unità di misura è il lumen (lm), che è definito come il flusso luminoso emesso nell'angolo solido unitario (1sr) da una sorgente puntiforme posta al centro di una sfera di intensità luminosa pari a 1 candela (1cd) in tutte le direzioni.

Esso si può calcolare come il prodotto della visibilità dovuta ad una determinata lunghezza d'onda per la potenza trasportata dall'onda stessa $\Phi = V(\lambda) P_L$.

2.1.2. - EFFICIENZA LUMINOSA

L'efficienza luminosa (η) è il rapporto tra il flusso luminoso (Φ) emesso da una sorgente e la potenza elettrica assorbita dalla stessa (P, espressa in Watt) impiegata per determinare tale flusso ed è espressa in lumen/W.

$$\eta = \Phi / P$$

Erroneamente si ricorre ai watt; in realtà la potenza elettrica, appunto espressa in watt (W), indica la quantità di energia assorbita dalla sorgente luminosa e non tanto la luce resa.

2.1.3. - ANGOLO GAMMA (γ) E ANGOLO C

L'angolo γ è quello misurato rispetto alla verticale passante per il centro dell'apparecchio. Con ampiezza 0° corrisponde alla direzione del *nadir*, ossia sotto l'apparecchio; con ampiezza di 90° corrisponde alla direzione dell'*orizzonte* e quando uguale a 180° la direzione corrisponde a quella dello *zenit*, ossia sopra l'apparecchio.

L'angolo C è l'angolo che i piani passanti per il centro dell'apparecchio e formano con la direzione longitudinale alla strada.

2.1.4. - INTENSITÀ LUMINOSA (I)

Esprime la quantità di energia luminosa che è emessa da una sorgente (flusso luminoso Φ) in una determinata direzione (angolo α).

Si definisce intensità luminosa (I) della sorgente (s) nella direzione individuata da OA, il rapporto tra il flusso luminoso emesso dalla sorgente entro l'angolo solido infinitesimo $d\Omega$ che contiene la direzione OA, e l'ampiezza dell'angolo stesso.

L'intensità luminosa è importante in quanto costituisce la parte più importante della curva fotometrica.

ART 2.2. - DEFINIZIONI RELATIVE ALLE SORGENTI LUMINOSE

2.2.1. - INDICE DI RESA CROMATICA (IRC O RA)

L'Indice di resa cromatica (Ra¹⁴, Rendering average) quantifica la capacità di una sorgente di fare percepire i colori degli oggetti illuminati, valutandone l'alterazione rispetto alla stessa capacità della sorgente di riferimento¹⁵. Quest'ultima è rappresentata dalla lampada ad incandescenza tradizionale.

I valori dell'IRC vanno da 0 ad un massimo di 100. Quest'ultima condizione si verifica quando non vi è differenza di percezione del colore sotto la sorgente analizzata rispetto alla sorgente di riferimento.

2.2.2. - TEMPERATURA DI COLORE (K)

La temperatura di colore, espressa in gradi Kelvin (K)¹⁶, è il parametro utilizzato per individuare e catalogare il colore della luce di una sorgente luminosa confrontata con la sorgente campione, vale a dire il corpo nero.

Si definiscono, in linea di massima, le seguenti categorie della luce bianca, la più utilizzata:

COLORE BIANCO CALDO	3000-3500 K
COLORE BIANCO NEUTRO	4000-5000 K
COLORE BIANCO FREDDO	5500-7000 K

La temperatura di colore non deve essere confusa con l'indice di resa dei colori, in quanto la prima indica il colore della luce emessa, ma non ci dice nulla riguardo la sua capacità di rendere i colori.

ART 2.3. - GRANDEZZE CHE CARATTERIZZANO L'AMBIENTE ILLUMINATO

2.3.1. - ILLUMINAMENTO (A)

È il rapporto tra il flusso luminoso (Φ) incidente sulla superficie e l'area della superficie stessa.

$$A = \frac{d\Phi_{inc}}{dS}$$

L'unità di misura dell'illuminamento è il lux, che, dimensionalmente, si esprime in lm/mq. Il lux è una misura relativa ad un'area: è una densità di luce che colpisce una superficie.

Nel caso di una sorgente puntiforme la diminuzione del livello di illuminamento su di una superficie varia in relazione al quadrato della distanza dalla fonte. Raddoppiando la distanza dalla fonte il

¹⁴ Alle volte è utilizzata l'acronimo inglese CRI (Colour Rendering Index).

¹⁵ Scaldando un corpo nero a 3000 K, ad esempio, esso emette una radiazione luminosa. Il colore della radiazione emessa viene pertanto convenzionalmente definito temperatura 3000 K.

¹⁶ La temperatura assoluta è basata sul Kelvin. La temperatura del ghiaccio (valore di 273,2 °K) corrisponde a 0 gradi centigradi (0 °C).

livello di illuminamento sulla superficie diviene quindi $\frac{1}{4}$. Il livello d'illuminamento su di una superficie è massimo quando i raggi luminosi giungono perpendicolari ad essa e diminuisce proporzionalmente al loro angolo d'incidenza secondo la relazione:

$$E = E_n * \cos x$$

Dove: E = livello d'illuminamento sulla superficie; E_n = illuminamento normale; x = angolo d'incidenza tra raggi luminosi e la normale alla superficie.

2.3.2. - LUMINANZA

Esprime l'entità della luce emessa da una sorgente di dimensioni estese (primaria o secondaria) nella direzione dell'osservatore. Si definisce luminanza (L) il rapporto tra l'intensità luminosa di una sorgente nella direzione di un osservatore (I_α) e la superficie emittente apparente così come viene vista dall'osservatore stesso. Si esprime in cd/mq.

$$L = I_\alpha / (dA * \cos \alpha)$$

Dove: I è l'intensità in candele; A è l'area della sorgente; α è l'angolo compreso tra la direzione di osservazione e l'asse perpendicolare alla superficie emittente.

ART 2.4. - ALTRE GRANDEZZE E DEFINIZIONI

2.4.1. - RADIANZA O LUMINOSITÀ

La radianza è il rapporto tra il flusso emesso dalla superficie illuminata o luminosa la sua area S.

$$I = \frac{d\Phi_{em}}{dS}$$

Come si può notare, radianza e illuminamento sono due grandezze fisicamente uguali. La prima, però, si usa per i corpi luminosi, mentre la seconda per i corpi illuminati. La luminosità si misura in LAMBERT (lm/mq); 1 Lambert è il flusso luminoso di 1 Lumen emesso in un emisfero da un'area unitaria (1 mq) della superficie raggianti.

2.4.2. - RENDIMENTO LUMINOSO

Si definisce con rendimento luminoso (LOR, Light Output Ratio) il rapporto tra il flusso emesso (Φ_{em}) dall'apparecchio ed il flusso totale (Φ_{tot}) della lampada.

$$LOR = \frac{\Phi_{em}}{\Phi_{tot}}$$

Essendo il rendimento un rapporto tra due grandezze omogenee esso è adimensionale e generalmente viene espresso in termini percentuali. Indica la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa che viene distribuita nello spazio attraverso l'apparecchio di illuminazione. Questa grandezza può risultare un elemento utile nella valutazione di un apparecchio di illuminazione.

2.4.3. - CURVE FOTOMETRICHE

Si definisce curva fotometrica il luogo geometrico delle posizioni occupate dalla punta del vettore I_a (avente intensità $dCD/dC2$) quando vi sono simmetrie nell'energia emessa dalla sorgente.

Si definisce solido fotometrico il luogo geometrico delle posizioni occupate dalla punta del vettore I_a (avente intensità $d\Phi/d\Omega$) quando vi sono simmetrie nell'energia emessa dalla sorgente, quando la sorgente luminosa non possiede simmetria.

L'unità fondamentale del sistema assoluto fotometrico è la candela.

2.4.4. - VITA MEDIA

Con il termine vita media o vita utile (misurata in ore - h) viene definito il numero di ore di funzionamento dopo il quale il 50% delle lampade di un congruo e rappresentativo lotto, funzionante in condizioni stabilite, si spegne. Il test include sempre un ciclo di accensioni che varia in funzione del tipo di lampada.

2.4.5. - ABBAGLIAMENTO

I sistemi di illuminazione, naturale e artificiale, provocano un disturbo denominato abbagliamento, che si manifesta in termini di debilitanti (difficoltà e riduzione delle possibilità di visione) o molesti (fastidio anche senza impedimenti alla visione).

E' dovuto alla luminanza di velo, ossia la diffusione sulla retina della luce periferica, con la conseguente riduzione del contrasto delle immagini che riduce la visibilità degli oggetti.

ART 3. - DEFINIZIONI RELATIVE AD IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE E CORPI ILLUMINANTI

ART 3.1. - SORGENTI LUMINOSE

E' un qualsiasi corpo illuminante o insieme di corpi illuminanti che, diffondendo luce in modo puntiforme, lineare o planare, illumina aree, fabbricati, monumenti, manufatti di qualsiasi natura ed emergenze naturali.

Le sorgenti per aree esterne, in particolare, devono possedere elevata efficienza luminosa, elevata affidabilità, lunga durata di funzionamento, compatibilità ambientale.

ART 3.2. - SOSTEGNI E ARMATURE

Le sorgenti luminose, nella maggior parte dei casi, sono montate su sostegni, vale a dire pali e supporti di materiale differente. Altre volte sono ancorate direttamente alle murature dei fabbricati.

Di seguito sono elencate e descritte le tipologie di sostegni più frequentemente utilizzate e diffuse nell'illuminazione pubblica.

TESTA PALO/PALO CURVO

E' il più comune, in varie modalità e varianti, in tutte le applicazioni, sia urbane che extra-urbane, che nelle grandi aree. Le più comuni sono le armature stradali, ma le applicazioni sono innumerevoli. Anche nell'installazione a testa palo è possibile installare più di un apparecchio, mediante l'applicazione di un accessorio che non è altro che uno sbraccio di lunghezza minima, anche se in tale maniera l'attacco dell'apparecchio non è più a testa palo, cioè da sotto, ma laterale.

SU PALO DA ARREDO URBANO/SU PALINA

Analoga alla precedente, ma con pali e paline di materiale e lavorazione generalmente più pregiate. Sono di solito utilizzate in prossimità di parchi, giardini ed aree attrezzate, piuttosto che di centro storici o aree di recente formazione dagli ambienti esterni architettonicamente curati.

SU SBRACCIO/MENSOLA A MURO

Utilizzato quasi esclusivamente in ambito urbano, dove ci sono edifici su cui ancorarsi; meno frequentemente, è presente anche nelle grandi aree circondate da edifici, quando vi sono vincoli o impedimenti nel posizionare i pali. Gli sbracci possono essere anche più d'uno sullo stesso palo.

Per quanto riguarda le sporgenze di tali sbracci, possono essere anch'esse innumerevoli, da qualche decina di centimetri fino a qualche metro, salvo rifarsi alla raccomandazione della norma UNI EN 40 che prevede di standardizzare le sporgenze in solo 12 possibilità (da 0,3 m fino a 4,5 m).

A SOSPENSIONE (DETTO ANCHE A TESATA)

Meno frequente rispetto al passato, modalità finalizzata a porre l'apparecchio illuminante al disopra e centralmente all'area da illuminare, utilizzata esclusivamente in ambito urbano, tendendo le funi di ancoraggio tra edifici posti uno di fronte all'altro o servendosi di pali di sostegno.

SU TORRE FARO

Modalità utilizzata esclusivamente per grandi aree, ponendo a notevole altezza (si va in media dai 10 ai 30 m circa) un gruppo di proiettori variamente orientati.

AVANZAMENTO

Rappresenta la distanza intercorrente tra la normale tracciata dalla quota della strada fino al limite esterno del proiettore e il limite della corsia (come definita dal D.Lgs 285/1992) che è illuminata.

INTERDISTANZA

E' la distanza intercorrente tra sorgenti di illuminazione per l'illuminazione stradale a seconda del tipo di dislocazione (allineata, quinconce, bilaterale, etc.).

SBRACCIO

Solo nel caso di pali con sbraccio o sostegni a sbraccio per l'appunto. Rappresenta la distanza intercorrente tra la normale tracciata dalla quota della strada fino al limite esterno del proiettore e

l'asse del palo cui. Generalmente si misura in m o centimetri. Nel caso in cui il palo si estenda solo verticalmente (puntando l'azimut), lo sbraccio è prossimo a 0 m, pertanto nullo.

INCLINAZIONE O TILT

Misurato in gradi rispetto alla linea di orizzonte passante per il vertice dell'asse verticale del palo o del sostegno, indica l'inclinazione del flusso luminoso rispetto alla linea di orizzonte.

CARICO DA NEVE

L'intero territorio provinciale ricade, ai termini delle Normative Tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008 ed alla circolare n. 617 del 2 febbraio 2009, nella **Zona I – Alpina**, presentando valori di carico minimi da rispettare nella realizzazione delle armature stradali (specie pari a:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq per altezze s.l.m. } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s / 728)^2] \text{ kN/mq per altezze s.l.m. } a_s > 200 \text{ m}$$

La progettazione degli impianti deve tenere debitamente conto di tali vincoli imposti per normativa.

CARICO DA VENTO

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono l'armatura.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche la velocità di riferimento v_b , caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

$$v_b = v_{b,0} \text{ per } \alpha_s \leq \alpha_0$$

$$v_b = v_{b,0} + K_\alpha (\alpha_s - \alpha_0) \text{ per } \alpha_0 < \alpha_s \leq 1500 \text{ m}$$

$v_{b,0}$, α_0 , K_α sono parametri forniti con la norma tecnica e legati alla regione in cui sorge la costruzione; la Lombardia appartiene alla **Zona I**, e presenta le caratteristiche che seguono.

$v_{b,0}$ [m/s]	A_0 [m]	K_α [1/s]
25	1000	0.010

Tabella 14 - Velocità di riferimento del carico da vento

La progettazione degli impianti deve tenere conto di tali parametri di normativa.

ART 3.3. - ALTRE DEFINIZIONI

LINEA DI ALIMENTAZIONE

Consiste nel complesso di trasformatori, cavi, etc. che trasportano l'energia elettrica a servizio l'intero impianto di illuminazione o di una sua parte.

QUADRO ELETTRICO

Rappresenta il quadro di controllo e distribuzione dell'energia elettrica in direzione delle installazioni per l'illuminazione. Ogni quadro ha una propria area di controllo.

In caso di installazione pubbliche obsolete le linee di alimentazione possono essere derivate direttamente dalla rete elettrica in bassa tensione, pertanto non sono dotate di quadro elettrico.

ART 4. - ATTUAZIONE DEL PRIC

ART 4.1. - CRITERI GENERALI

Il PRIC è uno strumento urbanistico di settore che si occupa di verificare la consistenza del patrimonio delle infrastrutture della pubblica illuminazione e descriverne la situazione di fatto (stato di manutenzione, conformità alla normativa, compatibilità ambientale) e di programmare gli eventuali interventi migliorativi e sostitutivi.

L'attuazione dei contenuti del presente PRIC, per mezzo di progetti illuminotecnici o interventi diretti, è ispirata ai seguenti criteri generali:

- A) CONFORMAZIONE RISPETTO AL QUADRO NORMATIVO VIGENTE E ALLE NORMATIVE TECNICHE UNIFICATE (UNI);
- B) COMFORT VISIVO E QUALITA' PERCETTIVA DEGLI SPAZI URBANI;
- C) RISPARMIO ENERGETICO E PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE;
- D) RISPARMIO NEI COSTI DI PROGETTAZIONE ADOTTANDO ECONOMIE DI SCALA PER I MATERIALI.

L'adozione di moderni apparecchi per l'illuminazione contribuisce senz'altro ad apportare notevoli benefici in termini di risparmio energetico, ma è necessaria una corretta progettazione illuminotecnica.

I contenuti del PRIC si integrano con quelli del Piano di Governo del Territorio (PGT), Piano Urbano Generale dei Servizi nel Sottosuolo (PUGSS) e del Regolamento Edilizio.

ART 4.2. - MISURE GESTIONALI

L'utilizzo razionale e appropriato dell'energia, limitando anche gli orari di accensione degli impianti di illuminazione, è il primo mezzo che permette efficacemente di ridurre il consumo di risorse energetiche, acquisendone pertanto il risparmio primario.

- A) PER TUTTE LE INFRASTRUTTURE, È NECESSARIO CHE IL SISTEMA DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA SIA ACCESO PERTANTO IN CERTI ORARI DEFINITI IN FUNZIONE DELLE EFFETTIVE ESIGENZE;
- B) A TAL RIGUARDO È POSSIBILE RICORRERE ALLE SEGUENTI SOLUZIONI:

- PREVEDERE SISTEMI DI CONTROLLO CHE PROVVEDANO ALLO SPEGNIMENTO PARZIALE O TOTALE, O ALLA DIMINUZIONE DI POTENZA IMPIEGATA, ENTRO LE ORE 24 (TIMER E/O POTENZIOMETRI), ANCHE CONSIDERANDO L'ASPETTO STAGIONALE E IL CAMBIO DELL'ORA;
 - VALUTARE L'UTILIZZO DI DISPOSITIVI CHE SI ACCENDANO SOLO IN CASO DI NECESSITÀ (RILEVATORI DI PRESENZA).
- C) PUÒ ESSERE APPLICATO UN SISTEMA DI REGOLAZIONE DELLA POTENZA DELL'IMPIANTO IN FUNZIONE DEL SUO UTILIZZO E DELL'ORARIO.
- D) L'ILLUMINAZIONE DI PANNELLI ED INSEGNE DI INFORMAZIONE (SEMPRE PIÙ DIFFUSI IN AMBITO COMUNALE) – FATTA ECCEZIONE PER I SERVIZI PRIORITARI – PUÒ ESSERE LIMITATA FINO ALLE ORE 24.00.

ART 5. - SMALTIMENTO DELLE LAMPADE

Ai sensi delle Direttive CE 91/56 sui rifiuti, 91/689 sui rifiuti pericolosi e 94/62 sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio, nonché del D.Lgs 22 del 5 febbraio 1997, le lampade generalmente utilizzate nella pubblica illuminazione sono rifiuti pericolosi.

Alle differenti tipologie di lampada è assegnato il codice CER¹⁷.

La Direttiva comunitaria 2011/65/UE RoHS (Restriction of Hazardous Substances), limita l'uso di sostanze pericolose nelle nuove apparecchiature elettriche ed elettroniche, tra le quali si annoverano quelle di illuminazione. Queste non devono contenere piombo, mercurio, cadmio, cromo esavalente, bifenili polibromurati (PBB) o etere di difenile polibromurato (PBDE).

¹⁷ Esempio CER 200121 per i tubi fluorescenti contenenti mercurio.

TITOLO II. - INDIRIZZI PER L' ILLUMINAZIONE

ART 6. - ILLUMINAZIONE STRADALE E A SERVIZIO DELLA MOBILITA'

ART 6.1. - CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA DELLE STRADE

La Norma UNI EN 13201-2 del settembre 2004, che recepisce la norma EN 13201-2 – Road Lighting Part 2: Performance requirements (del novembre 2003, con correzioni introdotte il 3 dicembre 2003), definisce, per mezzo di requisiti fotometrici, le classi di impianti di illuminazione per l'illuminazione delle strade indirizzata alle esigenze di visione degli utenti e considera gli aspetti ambientali dell'illuminazione stradale. Per tali classi la norma stabilisce pertanto i requisiti (in termini di luminanze, illuminamenti, abbagliamento, illuminazione circostante) che il progettista illuminotecnico deve rispettare per le diverse tipologie viarie. Di seguito sono riprese in termini di guida (e senza finalità esaustive) alcune parti della norma tecnica.

Classi ME – Strade con traffico motorizzato (manto stradale asciutto)

Definiscono le luminanze del manto stradale.

Classi MEW – Strade con traffico motorizzato (manto stradale asciutto/umido)

Definiscono le luminanze del manto stradale.

Classi CE – Strade conflittuali con traffico misto

Definiscono gli illuminamenti orizzontali di aree di conflitto come strade commerciali, incroci principali, rotatorie, sottopassi pedonali.

Classi S – Strade pedonali e ciclabili

Definiscono gli illuminamenti orizzontali per strade e piazze pedonali, piste ciclabili, parcheggi, ...

Classi A – Strade pedonali e ciclabili

Definiscono gli illuminamenti emisferici.

Classi ES – Strade pedonali

Definiscono gli illuminamenti semicilindrici. Favoriscono la percezione della sicurezza e la riduzione della propensione al crimine.

Classi EV – Strade in presenza di superfici verticali

Definiscono gli illuminamenti verticali. Favoriscono la percezione di piani verticali, in passaggi pedonali, caselli, svincoli.

TIPO STRADA	SIGLA	DESCRIZIONE DEL TIPO DI STRADA	LIMITI VELOCITÀ [KM/H]	CATEGORIA ILLUMINOTECN.	INDICE ILLUMINOTECN.
Autostrade	A1	Autostrade extraurbane	130-150	ME1	6
		Autostrade urbane	130		6
	A2	Strade di servizio alle autostrade	70-90	ME3a	6
		Strade di servizio alle autostrade urbane	50		6
Extraurbane principali	B	Strade extraurbane principali	110	ME3a	6
		Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70-90	ME4a	6
Extraurbane secondarie	C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 ¹⁸)	70-90	ME3a	5
		Strade extraurbane secondarie	50	ME4b	5
		Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70-90	ME3a	5
Urbane di scorrimento	D	Strade urbane di scorrimento veloce	>50	ME3a	6
			50		4
Urbane di quartiere	E	Strade urbane interquartiere	50	ME3c	4
		Strade urbane di quartiere	50		4
Locali	F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 ¹⁸)	70-90	ME3a	4
		Strade locali extraurbane	50	ME4b	4
			30	S3	4
			50	ME4b	4
		Strade locali urbane (tipi F1 e F2)	50	ME4b	4
		Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, ...	30	CE4	2
		Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE5/S3	2
		Strade locali urbane: aree pedonali	5		2
Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi altri utenti)	5	CE5/S3	3		
Strade locali interzonali	50		3		
			30		3
Ciclabili		Piste ciclabili ¹⁹	Non dichiarato	S3	3
Particolari		Strade a destinazione particolare ²⁰	30		2

¹⁸ Ai sensi del DM n° 6792/2001, rispettivamente a traffico sostenuto e limitato.

¹⁹ Secondo il Decreto Ministeriale 30 novembre 1999 n° 557 del Ministero dei Lavori Pubblici.

²⁰ Secondo l'art. 3.5 del Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Alla precedente tabella il compito di definire la classificazione illuminotecnica delle strade in funzione della loro categoria di cui al D.Lgs 285/1992 ed al DM 6972/2001.

La classificazione illuminotecnica è accompagnata dai relativi indici, ai sensi della norma UNI 10439/rev. 2001.

CLASSE	TIPO DI STRADA	PORTATA/CORSIA DI SERVIZIO (VEICOLI/ORA)	INDICE ILLUMIN. CON Φ MAX	Φ RIDOTTO (50% DEL MAX)		Φ RIDOTTO (25% DEL MAX)	
				PORTATA/CORSIA	INDICE ILLUMIN.	PORTATA/CORSIA	INDICE ILLUMIN.
A	Autostrada extraurbana	1100	6	550	5	225	4
B	Extraurbana principale	1000	6	500	5	250	4
C	Extraurbana secondaria	600	5	300	4	150	3
D	Urbana di scorrimento	950	4	450	3	225	2
E	Urbana di quartiere	800	4	400	3	200	2
F	Extraurbana locale	450	4	225	3	112	2
F	Urbana locale	800	2	400	1	200	1

Tabella 15 – Dipendenza dell'indice della categoria illuminotecnica da flusso di traffico, per tipologie di strade esistenti (fonte DDG 8950/2007)

A Dubino, in relazione ai volumi di traffico potenziali, si verificano le condizioni di cui ai volumi di traffico ridotti, per un flusso luminoso (Φ) pari ridotto al 25% del potenziale.

Gli indici illuminotecnici si traducono in valori di luminanza come di seguito riportato.

INDICE ILLUMINOTECNICO	POTENZE CONSIGLIATE (W)	POTENZE CONSIGLIATE
		(per larghezze della carreggiata > 8 m)
1 (Lm = 0.30 cd/mq)	50-70	70
2 (Lm = 0.50 cd/mq)	50-70	100-150
3 (Lm = 0.75 cd/mq)	70	150
4 (Lm = 1.00 cd/mq)	70-100	150
5 (Lm = 1.50 cd/mq)	100-150	150
6 (Lm = 2.00 cd/mq)	150-250	250

Tabella 16 – Guida per ottimizzare i risparmi, i risultati illuminotecnici e le potenze installate (fonte DDG 8950/2007)

Per installazioni quinconce tale rapporto è riferito ad apparecchi consecutivi, ma, su lati opposti della carreggiata e per bilaterali frontali, deve essere moltiplicato per 2. I progetti illuminotecnici dovranno rispondere ai requisiti di ciascuna categoria, sulla base delle relative e specifiche norme tecniche UNI sopra richiamate. Vengono presentate di seguito alcune tabelle riprese dalla Norma UNI EN 13201-2:2004 ("Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti Prestazionali") relative alle principali categorie di illuminazione: ME, CE, S e alla classe addizionale EV, come in precedenza specificate, rimandando alla norma stessa per ogni dettaglio ed approfondimento.

CLASSE DI ILLUMINAZIONE	LUMINANZA DEL MANTO STRADALE DELLA CARREGGIATA IN CONDIZIONI DI MANTO STRADALE			ABBAGLIAMENTO DEBILITANTE	ILLUMINAZIONE AREE CIRCOSTANTI
	L media [cd/mq] (minima mantenuta)	Uo (*) (minimo)	UI (**) (minimo)	TI [%] (max)	SR (***) (minima)
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,5
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,5
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,5
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,5
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,5
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,5
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,5
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,5

Tabella 17 - Serie ME di classi di illuminazione (da Norma UNI EN 13201-2:2004)

(*) Uo = uniformità globale - Rapporto tra illuminamento/luminanza minima e media su un tratto stradale significativo.

(**) UI = uniformità longitudinale - Rapporto tra illuminamento/luminanza minima e massima lungo la mezzzeria di ciascuna corsia.

(***) SR = questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

Classe di illuminazione	Illuminamento orizzontale		Abbagliamento debilitante
	E medio [lux] (min. mantenuto)	Uo (minimo)	TI [%] (max)
CE0	50	0,40	10
CE1	30	0,40	10
CE2	20	0,40	10
CE3	15	0,40	10
CE4	10	0,40	15
CE5	7,5	0,40	15

Tabella 18 - Serie CE di classi di illuminazione (da Norma UNI EN 13201-2:2004)

Classe di illuminazione	Illuminamento orizzontale		Abbagliamento debilitante
	E medio [lux] (min. mantenuto)	Uo (minimo)	TI [%] (max)
S1	15	5,00	15
S2	10	3,00	15
S3	7,5	1,50	15
S4	5	1,00	20
S5	3	0,60	20
S6	2	0,60	20
S7	Non determinato	Non determinato	-

Tabella 19 - Serie S di classi di illuminazione (da Norma UNI EN 13201-2:2004)

Classe di illuminazione	Illuminamento verticale
	E medio [lux] (min. mantenuto)
EV1	50,00
EV2	30,00
EV3	10,00
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

Tabella 20 - Serie EV addizionale di classi di illuminazione (da Norma UNI EN 13201.2:2004)

Al fine di ottenere risultati ottimali è opportuno utilizzare, **lungo le strade per veicoli motorizzati:**

LAMPADE AL SODIO AD ALTA PRESSIONE (SAP), con potenze commisurate alla classificazione illuminotecnica della strada.

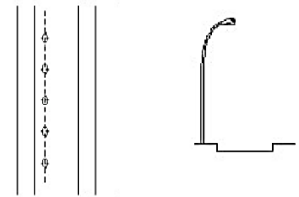
ART 6.2. - DISPOSIZIONE DEGLI APPARECCHI ILLUMINANTI STRADALI

6.2.1. - TRATTI RETTILINEI

Segue uno schema esemplificativo della disposizione dei pali per l'illuminazione stradale su tratti rettilinei.

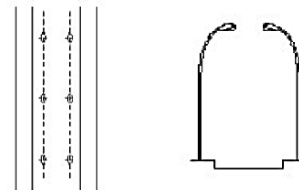
Unilaterale

I centri luminosi sono disposti lungo un lato della carreggiata; tale disposizione è la più economica e va sempre utilizzata, quando si può realizzare la condizione $L < h$ (con L = larghezza carreggiata e h = altezza palo).



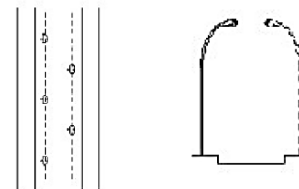
Affacciato bifilare (detto anche contrapposto)

I centri luminosi sono disposti lungo entrambi i lati della carreggiata alla stessa interdistanza.



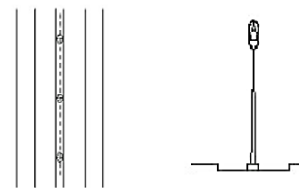
Quinconce o alternato

I centri luminosi sono disposti lungo entrambi i lati della carreggiata, ma sfalsati di mezza interdistanza.



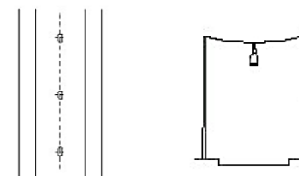
Bifilare centrale o assiale

I centri luminosi sono disposti lungo l'asse della carreggiata, sullo spartitraffico che separa le due corsie di traffico. In questo caso il palo può essere dotato di due sbracci).



Catenaria o a sospensione

I centri luminosi sono disposti lungo l'asse della carreggiata attraverso una tesata; gli apparecchi d'illuminazione sono sospesi sulla sede stradale mediante funi di sostegno tesate tra due edifici. Qualora uno o entrambi i lati della strada siano privi di edifici, se è comunque indispensabile realizzare l'impianto in sospensione, si ricorre all'utilizzo di pali detti "pali tiro-fune".

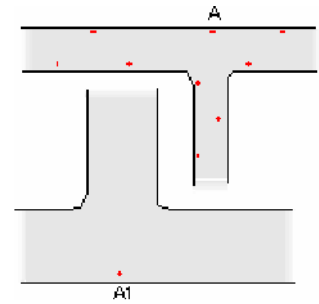


6.2.2. - INCROCI

Incroci a T

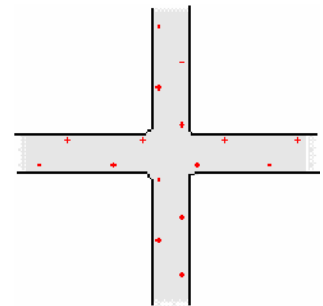
Per gli incroci a T su strade già illuminate, è opportuno collocare una sorgente luminosa (A) contrapposta alla linea del traffico confluyente sull'incrocio.

Negli incroci a T fra strade non illuminate, ai soli fini di segnalazione, è preferibile la posa di una sola sorgente luminosa nella posizione A1.



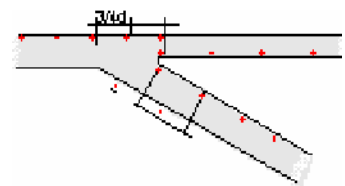
Incroci a X

Per gli incroci a X la soluzione classica comporta la posa di una sorgente luminosa immediatamente oltre l'incrocio, per ogni senso di marcia. Tale soluzione è quasi sempre teorica perché presuppone che tutte le strade siano illuminate bilateralmente.



Incroci a Y

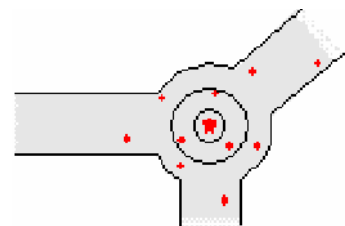
Gli incroci a Y comprendono in genere tutti gli svincoli. La disposizione delle sorgenti luminose deve assicurare una buona guida visiva. E' preferibile utilizzare lampade di tonalità diverse.



Rotonde

Nelle rotonde si possono avere diverse disposizioni:

- se l'aiuola ha $\varnothing < 3\text{m}$ non è ammessa la posa di pali al centro;
- se l'aiuola ha $\varnothing > 3\text{m}$, è consentita la posa di pali centrali.



6.2.3. - CURVE

Nei casi di curve i centri luminosi dovrebbero venire installati con interdistanze minori rispetto a quelle adottate per i lati rettilinei, fino ai 3/4 dell'interdistanza adottata nel lato rettilineo. Nelle curve le sorgenti luminose devono essere disposte sul lato esterno della carreggiata. Infatti, sono i centri posti sul bordo esterno della curva che contribuiscono alla luminanza della carreggiata. Questo criterio di massima non va adottato sempre e comunque. Per esempio mentre in strade strette e a S

(strade di classe A) si deve necessariamente disporre l'impianto all'esterno, riducendo le interdistanze anche a 2/3 del valore di rettilineo.

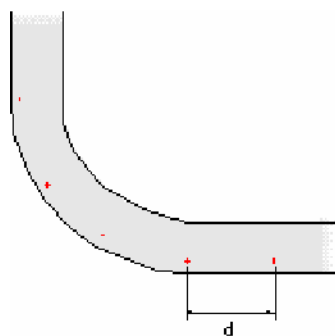


Figura 34 - Raggio curvatura < 80°

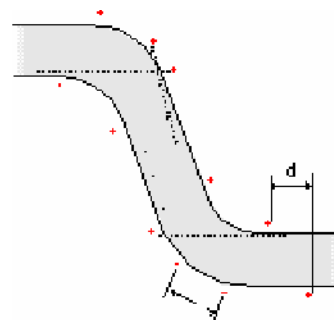


Figura 35 - Curva ad "S"

6.2.4. - SOTTOPASSI E ZONE DI CONFLITTO

Sono classificati come categoria CE5/S3 e CE4, la quale definisce, in ragione delle situazioni, gli illuminamenti orizzontali la presenza di tratte stradali di possibile conflitto quali strade commerciali, incroci principali, rotonde, sottopassi pedonali.

6.2.5. - OBBLIGHI PER IL RISPETTO DELLE INTERDISTANZE

Per i nuovi impianti d'illuminazione la LR 17/2000 stabilisce un rapporto minimo di interdistanza rispetto all'altezza dei sostegni maggiore di 3,7, a parità degli altri parametri di ottimizzazione.

E' possibile conseguire un rapporto superiore a 3,7 anche per carreggiate di larghezza pari a 14 m, ma è necessario cercare sempre il corpo illuminante più adeguato a ciascuna esigenza di installazione ed applicazione.

Si tenga sempre presente come il rapporto minimo accettabile tra interdistanza e altezza del palo pari a 3,7 non può essere conseguito solo ed unicamente in corrispondenza di ostacoli invalicabili, quali viali alberati o in corrispondenza di incroci. In altri casi non è mai derogabile.

Sono ammessi apparecchi su entrambi i lati della strada (quinconce o bilaterali) o a centro strada, solo in caso di carreggiate separate, sempre nel rispetto di un rapporto minimo accettabile di 3,7.

ART 7. - AREE O PERCORSI PEDONALI, PARCHI, GIARDINI

Si utilizzano apparecchi e lampade a bassa potenza, tenendo conto di livelli di illuminamento minimi necessari ai pedoni per evitare gli ostacoli pari a 0.2-1 lumen.

Per **percorsi pedonali e ciclopedonali** sono indicate le seguenti tipologie di lampada:

A) SODIO AD ALTA PRESSIONE (SAP)

B) IODURI METALLICI

C) LED (CON RESE CROMATICHE IN RELAZIONE AL TIPO DI "ATMOSFERA" CHE SI INTENDE CREARE).

Per **aree verdi e parchi urbani** sono indicate le seguenti tipologie di lampada:

- FLUORESCENZA
- SODIO ALTA PRESSIONE
- IODURI METALLICI (PARTICOLARMENTE ADATTI PER I PARCHI);
- LED (CON RESE CROMATICHE IN RELAZIONE AL TIPO DI ATMOSFERA CHE SI VUOLE CREARE)

All'interno di parchi e giardini, laddove possibile e nel caso in cui ciò non interferisca con l'illuminazione di percorsi e vie pedonali di comunicazione, è opportuno programmare lo spegnimento, la parzializzazione o la riduzione del flusso nel corso delle ore più tarde della notte.

ART 8. - PARCHEGGI E PIAZZE

Si utilizzano apparecchi e lampade a bassa potenza, tenendo conto di livelli di illuminamento minimi necessari per la sicura circolazione di veicoli e pedoni (illuminamento orizzontale e verticale, migliore visualizzazione del piano orizzontale e degli ostacoli verticali).

Per **parcheggi e piazze** sono indicate le seguenti tipologie di lampada:

- A) PROIETTORI ASIMMETRICI INSTALLATI CON VETRO PIANO ORIZZONTALE (SVINCOLI-PARCHEGGI);
- B) SEMISFERE TOTALMENTE SCHERMATE (PER I PARCHEGGI CONSENTONO DI MINIMIZZARE IL NUMERO DI SORGENTI);
- C) APPARECCHI STRADALI SCHERMATI E CON TILT RIDOTTO (SVINCOLI-PARCHEGGI).

ART 9. - TUTELE E VALORI AMBIENTALI

ART 9.1. - AREE DI TUTELA NATURALISTICA (AREE PROTETTE, SIC/ZSC, ZPS)

All'interno delle aree classificate come di AREE DI TUTELA NATURALISTICA (aree protette ai sensi della L. 394/1991 o di aree elette come SIC/ZSC o ZPS), vale in linea generale, il principio di NON INTRODURRE fonti di illuminazione artificiale in sede fissa degli ambienti esterni.

- A) PER LE AREE **RN1, RN2, RN3 DELLA RISERVA NATURALE** VIGE IL DIVIETO ASSOLUTO DI INSTALLAZIONI LUMINOSE E SORGENTI DI LUCE;
- B) PER LE **AREE AD USO AGRICOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO DELLA RISERVA NATURALE** VIGE LA LIMITAZIONE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ALLE STRADE DI CATEGORIA F (quelle agricole e/o consortili restano escluse);
- C) PER LE AREE AD USO **RESIDENZIALE O PRODUTTIVO DELLA FASCIA DI RISPETTO DELLA RISERVA NATURALE** VIGE LA LIMITAZIONE A BASSE POTENZE E DIVIETO DI INSTALLAZIONE D'INSEGNE LUMINOSE.

L'introduzione di impianti d'illuminazione d'ambienti esterni deve essere valutata in sede di Valutazione di incidenza (VIC) dei progetti che contemplano l'introduzione di apparecchi di illuminazione.

Nei casi in cui è possibile l'introduzione di tali impianti si adottano apparecchi e lampade a bassa potenza (equivalenti a 50 W delle lampade a scarica di gas) completamente schermati, con flusso luminoso direzionato unicamente verso il basso ed angolo γ (gamma) non superiore a 70° (riflettore interno direzionale o apparecchi a LED).

E' fatto divieto di utilizzo dei seguenti tipi di apparecchi:

- LANTERNE
- SFERE
- PROIETTORI ASIMMETRICI (SONO AMMESSI QUELLI CON FASCIO CONCENTRATO)
- COPPE PRISMATICHE
- ARMATURE STRADALI CON FORTE INCLINAZIONE DELLO SBRACCIO

ILLUMINAZIONE AMBIENTALE

Nel caso di illuminazione di oggetti dell'ambiente esterno (quali aree di sosta, monumenti e testimonianze della storia, etc.) al fine di ottenere risultati ottimali è opportuno utilizzare, per l'illuminazione le seguenti tipologie di lampada:

- A) FLUORESCENZA;
- B) SODIO ALTA PRESSIONE;
- C) IODURI METALLICI (PARTICOLARMENTE ADATTI PER I PARCHI);
- D) LED (CON RESE CROMATICHE IN RELAZIONE AL TIPO DI ATMOSFERA CHE SI VUOLE CREARE).

Sono indicate le seguenti temperature di colore comprese tra 2100-3500 °K (ridurre il disturbo degli insetti e della fauna notturna).

E' consigliata la riduzione del flusso nelle ore più tarde della notte.

ILLUMINAZIONE STRADALE

Nel caso di illuminazione di aree di circolazione stradale interne a tali ambiti, al fine di ottenere risultati ottimali è opportuno utilizzare, per l'illuminazione le seguenti tipologie di lampada:

- A) SODIO ALTA PRESSIONE;
- B) LED (CON RESE CROMATICHE UTILI ALLA VISIONE NOTTURNA ANCHE IN CASO DI EVENTI ATMOSFERICI INTENSI E NEBBIE).

Sono indicate temperature di colore intorno a 2100 °K (riducono il disturbo degli insetti e della fauna notturna).

E' consigliata la riduzione del flusso nelle ore più tarde della notte.

ART 9.2. - AREE DI INTERESSE PAESAGGISTICO

All'interno delle aree classificate dal PRIC come AREE DI INTERESSE PAESAGGISTICO, sono perseguiti l'efficientamento energetico, la riduzione del flusso luminoso disperso in orizzonte, la qualificazione paesaggistica e la riduzione del consumo energetico.

Si adottano apparecchi e lampade a bassa potenza (equivalenti a 50 W delle lampade a scarica di gas) completamente schermati, con flusso luminoso direzionato unicamente verso il basso ed angolo γ (gamma) non superiore a 70° (riflettore interno direzionale o apparecchi a LED), salvo installazioni speciali puntuali per la valorizzazione di oggetti del paesaggio.

E' fatto divieto di utilizzo dei seguenti tipi di apparecchi:

- LANTERNE
- SFERE
- PROIETTORI ASIMMETRICI (SONO AMMESSI QUELLI CON FASCIO CONCENTRATO)
- COPPE PRISMATICHE
- ARMATURE STRADALI CON FORTE INCLINAZIONE DELLO SBRACCIO

ILLUMINAZIONE AMBIENTALE

Per l'illuminazione ambientale delle **aree di interesse paesaggistico** sono indicate le seguenti tipologie di lampada:

- A) FLUORESCENZA;
- B) SODIO ALTA PRESSIONE;
- C) IODURI METALLICI (PARTICOLARMENTE ADATTI PER I PARCHI);
- D) LED (CON RESE CROMATICHE IN RELAZIONE AL TIPO DI ATMOSFERA CHE SI VUOLE CREARE).

Sono indicate le seguenti temperature di colore comprese tra 2100-3500 °K (ridurre il disturbo degli insetti e della fauna notturna).

Laddove possibile sono consigliati lo spegnimento o la riduzione del flusso nelle ore più tarde della notte spegnimento.

ILLUMINAZIONE STRADALE

Per l'illuminazione strade delle **aree di interesse paesaggistico** sono indicate le seguenti tipologie di lampada:

- A) SODIO ALTA PRESSIONE;
- B) LED (CON RESE CROMATICHE UTILI ALLA VISIONE NOTTURNA ANCHE IN CASO DI EVENTI ATMOSFERICI).

Sono indicate temperature di colore intorno a 2100 °K (riducono il disturbo degli insetti e della fauna notturna).

Laddove possibile sono consigliati lo spegnimento o la riduzione del flusso nelle ore più tarde della notte spegnimento.

ART 10. - CENTRI, EDIFICI ED OPERE DI VALORE STORICO O ARCHITETTONICO

La loro illuminazione mira alla valorizzazione e fruizione degli stessi. In linea generale valgono i seguenti criteri:

- NON UTILIZZARE NECESSARIAMENTE PROIETTORI DI GRANDE POTENZA PER ILLUMINARE IL SOGGETTO (ad esempio non utilizzare proiettore hqj 1000w per l'illuminazione di un campanile);
- PREFERIRE ILLUMINAZIONI D'ACCENTO, FRAMMENTATE, MIRATE E DI POTENZA RIDOTTA, AD ESEMPIO (35/70 W), che determinano situazioni di grande impatto emotivo, consentendo ad un tempo risparmio energetico e basso inquinamento luminoso;
- GARANTIRE LA FRUIBILITÀ DELLE AREE TENENDO CONTO DEGLI ASPETTI DI SICUREZZA E COMFORT VISIVO EVITANDO ABBAGLIAMENTI;
- POSIZIONARE I PUNTI LUCE OVE È MENO PROBABILE CHE POSSA CADERE LO SGUARDO;
- UTILIZZARE OTTICHE ASIMMETRICHE A VETRO PIANO ORIZZONTALE, MONTATE SOTTOGRONDA O SU APPOSITI PALI (specie per vaste aree illuminate, come le piazze).

Sono da preferire le seguenti tipologie di lampada:

- A) IODURI METALLICI
- B) SODIO ALTA PRESSIONE
- C) LED (IN RELAZIONE ALLE TIPOLOGIE E AI COLORI DELLE SUPERFICI DA ILLUMINARE)

EDIFICI MONUMENTALI

Le facciate degli edifici illuminati a scopo monumentale devono avere una luminanza pari almeno al doppio di quella locale stradale per evidenziarlo nel contesto.

La luminanza degli edifici deve salire con l'altezza, raggiungendo anche 20 cd/mq per altezze rilevanti. Nella zona E4 della EN 8995-2 (zona 3 della UNI 10189) si permettono 25 cd/mq.

ART 11. - IMPIANTI SPORTIVI

A seconda delle esigenze specifiche gli impianti sportivi possono avere esigenze di illuminazione anche molto importanti (ad esempio impianti agonistici e/o con esigenze televisive).

Per **impianti sportivi** sono indicate le seguenti tipologie di lampada:

- A) IODURI METALLICI.

In tutti i casi valgono i seguenti indirizzi generali:

- NON DISPERDERE FLUSSI LUMINOSI (attribuendo livelli di illuminamento in relazione all'effettiva importanza dell'impianto dilettantistico, agonistico, etc.);
- REALIZZARE UN'ILLUMINAZIONE DI BASE PREFERENDO PROIETTORI ASIMMETRICI INSTALLATI CON VETRO PIANO ORIZZONTALE E ASIMMETRIE ELEVATISSIME;
- INTEGRARE L'ILLUMINAZIONE DI BASE CON PROIETTORI CIRCOLARI A FASCIO STRETTO, BEN DIREZIONATI (limitazione degli abbagliamenti);
- ALTERNATIVAMENTE RICORRERE A PALI CON SBRACCIO ACCENTUATO CHE ILLUMININO VERTICALMENTE L'AREA SPORTIVA (es. piccole aree sportive).

ART 12. - INDIRIZZI PER L'ILLUMINAZIONE PRIVATA

Per gli ambiti e le aree della **città privata** sono indicate le seguenti tipologie di lampada:

- A) FLUORESCENZA;
- B) SODIO ALTA PRESSIONE;
- C) IODURI METALLICI;
- D) LED (IN RELAZIONE AL TIPO DI ATMOSFERA CHE SI VUOLE CREARE – ES. COLORI CALDI PER LE LAMPADE AL SODIO E BIANCO PER GLI IODURI).

ART 12.1. - ILLUMINAZIONE RESIDENZIALE

Negli impianti di illuminazione di spazi esterni residenziali o assimilabili:

- A) SI UTILIZZANO SEMISFERE SCHERMATE CON LAMPADE A FLUORESCENZA COMPATTE (es. 20 W);
- B) SI UTILIZZANO PROIETTORI ASIMMETRICI INSTALLATI CON VETRO PIANO ORIZZONTALE;
- C) SI UTILIZZANO APPARECCHI REMOVIBILI PER USI ESTIVI;
- D) SI UTILIZZANO SENSORI DI MOVIMENTO PER ESIGENZE DI SORVEGLIANZA E RIDUZIONE CONSUMI ELETTRICI;
- E) SI EVITA IL SOVRANNUMERO DI SORGENTI (limitando l'abbagliamento ed il consumo energetico);
- F) SI EVITA DI UTILIZZARE PROIETTORI INCASSATI AL SUOLO E/O PROIETTORI A LUCE INDIRETTA (non necessari all'illuminazione residenziale).

ART 12.2. - ILLUMINAZIONE NON RESIDENZIALE

Negli impianti di illuminazione di spazi esterni NON residenziali (intendendo in senso lato le aree destinate a fabbricati di natura produttiva, commerciale e per le aree destinate in prevalenza alle infrastrutture di trasporto areali):

- A) SI LIMITANO LE POTENZE ELETTRICHE E L'INTENSITÀ LUMINOSA (specie negli ambiti commerciali);
- B) SI OTTIMIZZA LA DIREZIONE DEI FLUSSI (evitando inquinamento luminoso ed abbagliamento);
- C) NON SI ILLUMINA DAL BASSO;
- D) SI COMMISURANO LE INSEGNE LUMINOSE A FLUORESCENZA ALLE DISTANZE DELL'OSSERVATORE, RISPETTANDO IL CONTESTO ED IL DECORO AMBIENTALE ED URBANO (le insegne sporgono dalla sagoma dell'edificio per al massimo 1.5 m verticalmente ed orizzontalmente);
- E) SI UTILIZZANO: a) PROIETTORI ASIMMETRICI INSTALLATI CON VETRO PIANO ORIZZONTALE; b) SEMISFERE TOTALMENTE SCHERMATE CON LAMPADE A BASSO CONSUMO; c) SENSORI DI MOVIMENTO UTILI PER SORVEGLIANZA (prezzo contenuto e bassi consumi elettrici).

ART 13. - NORMA TRANSITORIA

All'interno della aree interessate da previsioni di natura edilizia del PGT, siano esse di interesse privato (DdP o PdR) o di rilevanza pubblica (DdP e PdS), sino all'attuazione degli interventi valgono le disposizioni per la protezione dall'inquinamento luminoso di cui al presente PRIC.

I progetti di natura edilizia e gli strumenti attuativi delle previsioni di PGT devono uniformarsi agli indirizzi del presente PRIC, nonché alla normativa tecnica vigente, al fine di perseguire gli obiettivi di cui alla LR 17/2000 s.m.i.

Gli interventi diretti sull'impianto della pubblica illuminazione ed i progetti illuminotecnici devono necessariamente conformarsi alle previsioni del presente PRIC, nonché alla normativa tecnica vigente, al fine di perseguire gli obiettivi di cui alla LR 17/2000 s.m.i.