



LAVORI DI RESILIENZA, VALORIZZAZIONE ED
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL
COMUNE DI VENZONE – LOTTO 3
CUP I44H21000020001

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

COMMITTENTE
Comune di Venzone
Piazza Municipio, 1
33010 – Venzone (UD)

PROGETTISTA
dott. ing. Cristiano Roselli della Rovere

TITOLO
RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA

DATA	INC	REL	REV
12/09/2025	RA810	PE	0

ELT-R01

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO
0	12/09/2025	Prima emissione	F.Panzacchi

SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3.	STATO DI FATTO: IDENTIFICAZIONE DELL'ARCHITETTURA DELLE RETE E DELL'IMPIANTO DI P.I.	4
4.	IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO.....	5
4.1.	Procedura per l'individuazione delle categorie illuminotecniche.....	6
4.2.	Criteri di suddivisione delle zone di studio.....	7
4.3.	Classificazione delle strade e categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi.....	8
4.4.	Analisi dei rischi.....	10
4.5.	Raccomandazioni per l'illuminazione.....	14
4.6.	Griglie di calcolo.....	16
4.7.	Caratterizzazione degli apparecchi di illuminazione.....	16
4.8.	Regolatori di flusso luminoso.....	16
4.9.	Caratteristiche di riflessione della pavimentazione stradale.....	16
4.10.	Misurazioni.....	16
4.11.	Piano di manutenzione.....	17
4.12.	Progetto.....	17
5.	ILLUMINAZIONE A LED.....	17
6.	INQUINAMENTO LUMINOSO.....	20
7.	CONSIDERAZIONI PROGETTUALI DEFINITIVE.....	22
8.	INDICI IPEA ED IPEI: PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI APPARECCHI E DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA.....	22
9.	SPECIFICHE TECNICHE DELL'INTERVENTO A PROGETTO.....	28
10.	CRITERI DI SCELTA DEI CAVI PER POSA INTERRATA.....	29
10.1.	Generalità.....	29
10.2.	I cavi per posa interrata.....	30
10.3.	Modalità di posa.....	30
10.4.	Distanze di rispetto.....	32
10.5.	Portata delle condutture interrate.....	33
11.	DISTANZE RISPETTO LINEE AEREE.....	34

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione tecnica del Progetto Definitivo dei “Lavori di resilienza, valorizzazione ed efficientamento energetico del Comune di Venzone – Lotto 3” relativa agli interventi da realizzarsi nel Comune di Venzone.

Le opere previste nella presente relazione riguardano interventi di illuminazione pubblica da effettuare nella piazza del Municipio e nell'area delle porte di accesso al centro storico. Tali interventi consistono nella sostituzione di apparecchiature esistenti di tipo tradizionale con apparecchiature a tecnologia LED, e l'integrazione con ulteriori proiettori per la realizzazione di illuminazione architettonica di effetto; la realizzazione di nuove dorsali; la pulizia di pozzetti e cavidotti esistenti ed il ricablaggio delle apparecchiature da mantenere. La progettazione è altresì rivolta alla realizzazione di un sistema di illuminazione pubblica ad alta efficienza energetica e funzionale che garantisca all'Amministrazione comunale semplicità gestionale e rispetto dell'estetica in funzione alla tipologia di ambiente interessato ai lavori, di rilievo monumentale e storico-artistico.

Particolare importanza sarà data alla scelta tipologica delle armature stradali a LED idonee al progetto, saranno selezionate nel rispetto delle norme UNI EN 13201-1, 13201-2, 13201-3, 13201-5, della norma UNI 11248 - 2016, della L.R. 15 del 18 giugno 2007 e s.m.i., che in particolare impone l'utilizzo di apparecchi illuminanti aventi intensità luminosa di 0 cd per 1.000 lumen a 90° ed oltre (cut-off), e dotati di curve fotometriche certificate e temperatura massima del colore compresa tra i 3000 e 4000K.

Tutto il materiale sarà dotato della marcatura CE per le apparecchiature soggette alla direttiva di Bassa Tensione (73/23/CEE, 93/68/CEE e successive direttive o varianti) e alla direttiva Compatibilità elettromagnetica (89/336/CEE e successive direttive o varianti), norma CEI EN 60598-1.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento adottata è:

- Legge Regionale n. 15 del 18 giugno 2007 e s.m.i. – Misure urgenti in tema di contenimento dell'inquinamento luminoso, per il risparmio energetico, nelle illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici
- UNI 11431:2011 Luce e illuminazione Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso
- UNI 11630:2016 Luce e illuminazione - Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico
- UNI EN 12464-2 Luce e illuminazione Illuminazione dei posti di lavoro· Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- UNI EN 12665:2011 Luce 8 illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici
- UNI EN 13201-2:2016 Illuminazione stradale· Parte 2: Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201-3:2016 Illuminazione stradale Parte 3: Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201-4:2016 Illuminazione stradale - Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche
- UNI EN 13201-5 Illuminazione stradale • Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche
- CEI 34-33 Apparecchi di illuminazione (Parte 2-3: Prescrizioni particolari. Apparecchiature per illuminazione stradale)
- CEI 11 - 4 Norme tecniche per la costruzione di linee elettriche aeree esterne
- CEI 11-8 - Impianti di terra
- CEI 11-17 - Impianti di produzione trasporto e distribuzione energia elettrica linee cavo
- CEI 11-46 – Impianti tecnologici sotterranei – criteri generali di posa”

- CEI 11-47 – Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rate diversi – Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo – Criteri generali e di sicurezza.
- CEI-EN 60439 – Apparecchiature di manovra e manovra di bassa tensione
- CEI 20-20 -Cavi isolati con tensione nominale non superiore a 415 V in c.a.
- CEI 64-7 Impianti elettrici di illuminazione pubblica.
- UNI EN 40 Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica - Specifica dei carichi caratteristici
- UNI EN 1317 Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli
- DM 18/2/92 N.223 - DM 15/10/96 - DM 3/6/98 - DM 21/6/04 Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza. (G.U. 63 del 16.3.92).
- DM 14/6/89 n.236 - "Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche."
- GU del 11/03/99 direttiva 3 marzo 1999 della presidenza del Consiglio dei Ministri – “razionale sistemazione del sottosuolo degli impianti tecnologici”
- CEI 64-8 e s.m.i. - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a.
- Legge 186/68 Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- Decreto Ministeriale 37 del 22/01/2008 e s.m.i. – Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies, comma 13, lettera a), della Legge n. 248 del 02/12/2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
- D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. – Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro

3. STATO DI FATTO: IDENTIFICAZIONE DELL'ARCHITETTURA DELLE RETE E DELL'IMPIANTO DI P.I.

I sopralluoghi eseguiti hanno evidenziato la presenza, nella piazza del Municipio, di illuminazione ottenuta tramite armature stradali di vecchia concezione non più efficienti in termini prestazioni e di risparmio energetico, nonché l'assenza di una illuminazione architettonica d'effetto, nella piazza e nell'area delle porte.

Il quadro elettrico di alimentazione della pubblica illuminazione è collocato in un vano di proprietà del Comune, adiacente al Municipio stesso.

La dorsale di alimentazione è interrata ed in parte a vista. I corrugati interrati, nella piazza del Municipio, risultano saturi, bloccati, pertanto insufficienti per eventuali ampliamenti e poco sicuri per l'illuminazione generale del centro storico del Comune.

La scelta delle tipologie di interventi da eseguire è stata effettuata in accordo con l'Amministrazione Comunale sulla base dei seguenti parametri di priorità:

- Sostituzione delle armature esistenti ad eccessivo consumo energetico per tipologia e/o dotati di lampade con potenza tale da produrre un illuminamento eccessivo in funzione della tipologia di strada da illuminare, oppure che non posseggono i requisiti di cui all'art. 8, comma 2 e 3 della L.R. 15/2007 e s.m.i. (cut-off), con posa delle nuove armature su mensole artistiche anziché a catenaria come le esistenti;
- Realizzare un'illuminazione architettonica d'effetto;
- Realizzare un impianto di illuminazione in classe I;
- Sistemazione della dorsale di alimentazione.

4. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO

La Norma UNI 11248/2016 individua le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti della strada ed in particolare: indica come classificare una zona esterna destinata al traffico, ai fini della determinazione della categoria illuminotecnica che le compete; fornisce la procedura per la selezione delle categorie illuminotecniche che competono alla zona classificata; identifica gli aspetti che condizionano l'illuminazione stradale e, attraverso la valutazione dei rischi, permette il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale; fornisce prescrizioni sulle griglie di calcolo per gli algoritmi della UNI EN 13201-3 e per le misurazioni in loco trattate dalla UNI EN 13201-4. La norma descrive e prescrive una metodologia progettuale secondo la quale pervenire, a partire da dati associati al tipo di strada, dati che rappresentano i valori di ingresso per la procedura, alla o alle categorie illuminotecniche adeguate. Tale metodologia progettuale è basata su un procedimento sottrattivo che, a seguito di un'analisi dei rischi con la quale il progettista valuta i parametri di influenza, permette di individuare sia la categoria illuminotecnica di progetto sia quelle di esercizio. La norma definisce le funzionalità e la classificazione degli impianti che attivano condizioni di illuminazione adattiva, stabilendo anche peculiari requisiti e modalità operative.

La presente norma fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione da adottare in una data zona della strada identificata per le sue peculiarità nelle condizioni del traffico e nelle necessità di illuminazione. Le possibili condizioni di illuminazione sono identificate e definite in modo esaustivo nella UNI EN 13201-2, mediante la definizione di categorie illuminotecniche. La norma si basa, nei suoi principi fondamentali, sui contenuti scientifici della CIE 115:2010(3) e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1 2015 tal fine introduce il concetto di parametro di Influenza e la richiesta di valutazione dei rischi da parte del progettista. I parametri individuati nella presente norma consentono di identificare una categoria illuminotecnica conoscendo:

- la classe della strada nella zona di studio;
- la geometria della zona di studio;
- l'utilizzazione della zona di studio;
- le condizioni e la tipologia del traffico nella zona di studio;
- l'influenza dell'ambiente circostante;

e di adottare le condizioni di illuminazione più idonee, perseguendo anche un uso razionale dell'energia e il contenimento del flusso luminoso disperso con la conseguente riduzione dell'inquinamento luminoso. La presente norma si completa delle seguenti appendici normative e informative:

- appendice A, normativa, che fornisce prescrizioni per l'illuminazione delle intersezioni stradali;
- appendice B, normativa, che tratta delle caratteristiche inerenti la riflessione della luce da parte delle pavimentazioni stradali;
- appendice C, informativa, che riporta delle linee guida per valutare, se necessario ai fini progettuali, la correlazione tra esigenze illuminotecniche e tipologia di strada;
- appendice D, normativa, che illustra peculiarità progettuali e di gestione per alcune tipologie di impianti di illuminazione adattivi;
- appendice E, informativa, che fornisce linee guida per l'illuminazione delle piste ciclabili e dei marciapiedi.

Zone di studio

Un impianto di illuminazione può illuminare parti della strada che richiedono livelli e condizioni di illuminazione diversi. Di conseguenza primo compito del progettista è quello di individuare, con i criteri specificati nel punto 8, queste parti (zone di studio) omogenee nei requisiti illuminotecnici. È compito preliminare del progettista individuare, per ogni zona di studio i parametri di influenza significativi, i quali devono essere noti prima di iniziare il progetto illuminotecnico.

Categorie illuminotecniche

Le caratteristiche illuminotecniche che l'impianto di illuminazione stradale deve garantire per ogni zona di studio sono definite mediante una o più categorie illuminotecniche, la cui scelta dipende da numerosi parametri, detti di influenza, come esplicitato nel seguito. Per un dato impianto e una data zona di studio è compito del progettista individuare le seguenti categorie illuminotecniche: la categoria illuminotecnica di

Ingresso come specificato nel punto 6. Questa categoria dipende esclusivamente dal tipo di strada presente nella zona di studio considerata;

la categoria illuminotecnica di progetto che specifica i requisiti illuminotecnici da considerare nel dimensionamento dell'impianto. Questa categoria dipende dalla valutazione dei parametri di influenza costanti nel lungo periodo; la(e) categoria(e) illuminotecnica(illuminotecnica) di esercizio che specifica(specificano) sia le condizioni operative istantanee di funzionamento di un impianto sia le possibili condizioni operative previste dal progetto sta, in base alla variabilità nel tempo dei parametri di influenza.

Tipi di impianto

Indipendentemente dai requisiti che devono soddisfare e dalla soluzione realizzativa (tipo di sorgente di luce e di apparecchi di illuminazione, disposizione degli apparecchi, ecc.) si distinguono i seguenti tipi di impianto:

- impianto non regolato: Impianto nel quale è prevista l'attivazione della sola categoria di progetto coincidente con l'unica di esercizio;
- impianto a regolazione predefinita: impianto nel quale la categoria illuminotecnica di esercizio è determinata mediante una valutazione statistica del flusso orario di traffico in un dato momento, come esplicitato dal progettista nella valutazione dei rischi;
- impianto adattivo: impianto nel quale le condizioni di illuminazione sono scelte al termine di un processo decisionale basato sul campionamento continuo delle condizioni dei parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale come il flusso e/o la tipologia di traffico e/o le condizioni atmosferiche.

Funzionalità

Indipendentemente dai requisiti che deve soddisfare, un impianto può disporre delle seguenti funzionalità:

- funzionalità CLO (Constant Light Output): sistema che rende costante il flusso luminoso emesso dalle sorgenti presenti negli apparecchi di illuminazione dell'impianto, compensando la perdita di emissione dovuta all'invecchiamento delle stesse. I sistemi che attivano esclusivamente la funzionalità CLO non sono, in quanto tali, impianti adattivi.

Nota 1 Questa funzionalità può essere associata a qualsiasi tipo di impianto.

Nota 2 Questi sistemi permettono una parziale riduzione del sovradimensionamento dell'impianto.

Nota 3 La regolazione può essere ottenuta misurando il tempo di accensione dell'apparecchio e basandosi su una curva nota di deprezzamento del flusso luminoso.

- funzionalità CP (Constant Performance): sistema che garantisce la costanza nel tempo delle prestazioni richieste dalla categoria illuminotecnica di esercizio, indipendentemente dalle variazioni, entro limiti prestabiliti, altrimenti dovute al grado di insudiciamento degli apparecchi, decadimento delle sorgenti, variazioni del manto stradale, ecc. I sistemi che attivano esclusivamente la funzionalità CP, senza campionare i parametri di influenza variabili nel tempo rilevanti, non sono impianti adattivi.

Nota 1 Questa funzionalità può essere associata a qualsiasi tipo di impianto.

Sovradimensionamento dell'impianto

Salvo esigenze particolari e al fine di contenere i consumi energetici, i valori medi di illuminamento e luminanza ottenuti dai calcoli di progetto eseguiti secondo la UNI EN 13201-3 non devono essere maggiori di quelli previsti dalle categorie illuminotecniche di progetto o di esercizio: del 35% per le categorie illuminotecniche di tipo M; del 25% per le altre categorie illuminotecniche.

4.1. Procedura per l'individuazione delle categorie illuminotecniche

Si individuano le categorie illuminotecniche di un impianto mediante i seguenti passi:

1) definire la categoria illuminotecnica di ingresso, considerando i seguenti passi: suddividere la strada in una o più zone di studio con condizioni omogenee dei parametri di influenza 6, per ogni zona di

studio identificare il tipo della strada, noto il tipo di strada, individuare la categoria illuminotecnica di ingresso con l'ausilio del prospetto 1;

2) definire la categoria illuminotecnica di progetto nota la categoria illuminotecnica di ingresso, valutando i parametri di influenza riportati nel prospetto 2 ed eventuali altri parametri di influenza costanti nel lungo periodo individuati dal progettista secondo quanto indicato nel punto 8 (analisi dei rischi) e, considerando anche gli aspetti legati al contenimento dei consumi energetici e dell'inquinamento luminoso, decidere se considerare questa categoria come quella di progetto o modificarla coerentemente con le valutazioni e le considerazioni precedenti;

3) in alternativa tra di loro:

3a) definire, se necessario, una o più categorie illuminotecniche di esercizio in base alle considerazioni espresse nel punto 8 (analisi dei rischi), ai parametri di influenza elencati nel prospetto 3 e agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici e dell'inquinamento luminoso, specificando chiaramente le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria illuminotecnica di esercizio, 3b) adottare un sistema adattivo che realizzi anche la funzionalità CP e, in base alle considerazioni espresse nel punto 8 (analisi dei rischi) e agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici di esercizio e dell'inquinamento luminoso, progettare l'impianto secondo quanto specificato in appendice D. Qualora la categoria illuminotecnica selezionata preveda prescrizioni in luminanza della superficie stradale, ma questa non sia calcolabile secondo i criteri previsti nella UNI EN 13201-3, deve essere selezionata la categoria illuminotecnica C o P di livello luminoso comparabile secondo le indicazioni nel punto 9.7

4.2. Criteri di suddivisione delle zone di studio

La strada è generalmente costituita da più zone di studio. Per ogni zona di studio il progettista seleziona una categoria illuminotecnica di ingresso, una di progetto e una o più categorie illuminotecniche di esercizio. La determinazione dell'estensione della zona di studio e delle parti della strada che la delimitano è compito del progettista. La presenza di rallentatori di velocità implica la necessità di definire una zona di studio che consideri il tratto di strada ove sussiste l'azione di rallentamento (vedere punto 6.6).

Strade a traffico veicolare:

Per le strade a traffico veicolare (escluse le strade di classe F con limite di velocità minore 30 km/h - 1), in assenza di corsie di emergenza, marciapiedi o piste ciclabili laterali, la zona da prendere in considerazione corrisponde alla carreggiata. In presenza di corsie di emergenza adiacenti occorre se devono considerare le due zone di studio come zone di studio separate. Marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, se presenti, costituiscono una zona di studio separata (vedere punti 8.4 e 8.7).

Strade di classe F

Per le strade di classe F, con limite di velocità 30 km/h-1 in assenza di marciapiedi laterali, la zona da prendere in considerazione corrisponde alla totalità dello spazio compreso tra le facciate degli edifici posti direttamente a filo oppure entro i limiti delle proprietà che costeggiano la zona. Marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, se presenti. Costituiscono una zona di studio separata (vedere punti 6.4 e 6.7).

Piste ciclabili e strade dove gli utenti principali sono i pedoni (velocità della marcia a piedi)

Per le piste ciclabili e strade, dove gli utenti principali sono i pedoni (velocità della marcia a piedi), la zona da prendere in considerazione corrisponde a marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili definite. Marciapiedi (o attraversamenti pedonali) e piste ciclabili adiacenti possono essere raggruppati in una medesima zona di studio. Nel caso in cui la zona di studio corrisponda a tutta la strada (per esempio per le strade locali urbane le aree pedonali, i centri storici con utenti principali i pedoni e ammessi gli altri utenti), la zona da prendere in considerazione corrisponde alla totalità dello spazio compreso tra le facciate degli edifici posti direttamente a filo oppure entro i limiti delle proprietà che costeggiano la zona di studio.

Zone di conflitto

Nelle zone di conflitto, in assenza di marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, la zona di conflitto da prendere in considerazione corrisponde alla carreggiata. Nella zona di studio deve essere considerato anche l'isolotto centrale di una rotatoria se questi può essere occupato o attraversato da veicoli autorizzati. Marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, se presenti, costituiscono una zona di studio separata (vedere punti 6.4 e 6.7).

Presenza di rallentatori di velocità

In presenza di rallentatori di velocità, la zona di studio considera esclusivamente i tratti dove sono installati rallentatori di velocità. Nel caso di dispositivi ravvicinati, questi dispositivi e la strada costituiscono una medesima zona di studio. Invece quando la distanza tra più dispositivi successivi è, a giudizio del progettista, sufficientemente ampia da giustificare tecnicamente una variazione delle prestazioni dell'impianto di illuminazione, ciascuno di questi dispositivi può essere considerato come appartenere a una zona di studio distinta e limitata alle vicinanze immediate del dispositivo.

Presenza di attraversamenti pedonali

In presenza di attraversamenti pedonali, la zona di studio considera: lo spazio specificatamente definito dalla segnaletica orizzontale; lo spazio simmetricamente disposto rispetto alla segnaletica per una larghezza pari a quella della segnaletica stessa; Il marciapiede, limitatamente al tratto corrispondente alla larghezza della zona.

4.3. Classificazione delle strade e categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi

Classificazione delle strade

Il prospetto 1 riporta la classificazione delle strade secondo la legislazione in vigore al momento della pubblicazione della presente norma (vedere bibliografia). La classificazione della strada non è di responsabilità del progettista e deve essere comunicata al progettista dal committente o dal proprietario/gestore della strada, valutate le reali condizioni ed esigenze, in mancanza di strumenti urbanistici adeguati, il progettista illuminotecnico concorda con il committente o il proprietario della strada una classificazione sulla scorta dei riferimenti normativi e legislativi esistenti (vedere appendice informativa C). Tale condizione deve essere resa evidente nel progetto illuminotecnico. Se ai fini della progettazione dell'impianto il progettista ritiene che non vi sia una esplicita correlazione tra la classificazione della strada fornita dal committente e le esigenze illuminotecniche, come descritte nella presente norma, il progettista può adottare per i soli fini illuminotecnici, una diversa classificazione seguendo, per esempio, le indicazioni dell'appendice informativa C. Tale decisione è resa evidente nel progetto illuminotecnico.

Categoria illuminotecnica di ingresso

Il prospetto 1 indica, per ogni tipo di strada, la categoria illuminotecnica di ingresso. Nell'individuazione delle categorie illuminotecniche di ingresso indicate nel prospetto i parametri di influenza sono stati scelti in modo da individuare la categoria illuminotecnica con prestazioni massime per il tipo di strada selezionato. Nel caso di indicazione multipla nel prospetto 1 la categoria illuminotecnica deve essere scelta attraverso l'analisi dei rischi. La categoria illuminotecnica di ingresso così selezionata non può essere utilizzata direttamente, ma deve essere sottoposta all'analisi dei rischi.

Tabella 1

Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità (km h ⁻¹)	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ⁴⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zona 30	30	C3P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4P3
	Strade locali interurbane	50	M3
30		C4P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	
1)	Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792 ¹⁹⁾		
2)	Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6).		
3)	Vedere punto 6.3.		
4)	Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".		

4.4. Analisi dei rischi

Consiste nella valutazione dei parametri di influenza al fine di Individuare la(e) categoria(e) illuminotecnica (illuminotecniche) che garantisce(garantiscono) la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada In condizioni notturne, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

Analisi

E' parte obbligatoria e integrante del progetto illuminotecnica. Nell'analisi dei rischi devono essere esplicitati i criteri e le fonti delle informazioni che hanno portato alle scelte effettuate. Le fonti possono consistere nelle indicazioni del gestore del proprietario della strada, in dati reperibili nei rapporti tecnici CIE o nella letteratura e, in assenza di queste, in base a proprie valutazioni che devono essere giustificate. Il committente deve fornire al progetto sta tutte le informazioni per permettere un'analisi dei rischi sufficientemente esaustiva per gli scopi previsti. Nel caso di traffico motorizzato la prestazione visiva migliora in termini di incremento della sensibilità al contrasto, incremento della acuità visiva e riduzione dell'abbagliamento all'aumento della luminanza del manto stradale, deve prevedere almeno le seguenti fasi:

- sopralluogo con l'obiettivo di valutare lo stato esistente e determinare una gerarchia tra i parametri di influenza rilevanti per le strade esaminate;
- individuazione dei parametri decisionali e delle procedure gestionali richieste da eventuali Direttive e norme cogenti, dalla presente norma e da esigenze specifiche;
- studio preliminare del rischio, determinando gli eventi potenzialmente pericolosi, in base agli incidenti pregressi ed al rapporto fra incidenti diurni e notturni, e classificandoli in funzione della frequenza e della gravità;
- creazione di una gerarchia di interventi per assicurare a lungo termine i livelli di sicurezza richiesti da, direttive e norme cogenti, per quanto dipendenti dalle condizioni di illuminazione.

Parametri di influenza

I parametri di influenza costanti nel lungo periodo determinano la categoria illuminotecnica di progetto. I più significativi parametri di questo gruppo sono elencati nel prospetto 2.

I parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale determinano le categorie illuminotecniche di esercizio, derivate da quella di progetto. I più significativi parametri di questo gruppo sono elencati nel prospetto 3.

La valutazione dei parametri di influenza costanti nel lungo periodo può avvenire su indicazioni del committente, mediante analisi statistiche, a seguito di misurazioni ad hoc e di sopralluogo, attraverso indicazioni ricavabili da situazioni analoghe o assimilabili. Con apparecchi che emettono luce con indice generale di resa dei colori R. maggiore o uguale a 60, e rapporto S/P maggiore o uguale a 1, IO, previa verifica, nell'analisi dei rischi, delle condizioni di visione, il progettista può considerare questa situazione tra i parametri di Influenza generalmente costanti nel lungo periodo con valore massimo di riduzione pari a 1. Il valore della riduzione, associato a ogni parametro di influenza, è compreso tra 0 e il valore massimo indicato nel prospetto 2, nel prospetto 3 o nel testo. Il valore della riduzione associato a ogni parametro di influenza eventualmente aggiunto dal progettista, è compreso tra 0 e 1. Il valore della riduzione associato a ogni parametro di influenza deve essere proposto e giustificato dal progettista nell'analisi dei rischi. Per la valutazione dell'importanza dei parametri di influenza in una data situazione locale il progettista può seguire le indicazioni di pubblicazioni specifiche, per esempio la CIE 115:2010131. La somma del valore della riduzione di tutti i parametri di influenza generalmente costanti nel lungo periodo, ridotta al più grande intero minore o uguale alla somma stessa, rappresenta la riduzione per ottenere la categoria illuminotecnica di progetto nota la categoria illuminotecnica di ingresso. Il valore numerico ottenuto corrisponde all'incremento da apportare al numero che appare nella sigla della categoria di ingresso, ottenendo la categoria di progetto. In modo analogo, ma considerando i parametri di influenza variabili nel tempo, si ottengono una o più categorie illuminotecniche di esercizio.

Prospetto 2-3

Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto ¹⁾²⁾	1
Segnaletica cospicua ³⁾ nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli incroci, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse. 2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità. 3) Riferimenti in CIE 137 ¹⁹ .	

Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Flusso orario di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

Il progettista basa l'analisi dei rischi sulla conoscenza dei parametri di influenza generalmente più significativi che possono essere individuati tra quelli del prospetto 2 e del prospetto 3. Se tra i parametri che hanno determinato la riduzione di categoria illuminotecnica di ingresso compare anche l'indice generale di resa dei colori e il rapporto SIP, allora il progettista deve verificare che queste condizioni risultino congrue per ogni categoria di esercizio prevista, indipendentemente dalle tecniche usate per la riduzione del flusso luminoso e che siano mantenute nel tempo considerando l'invecchiamento degli apparecchi di illuminazione e delle sorgenti di luce. Inoltre in questo caso le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio devono mantenere il valore di uniformità nei limiti previsti dalla categoria illuminotecnica di ingresso.

Il progettista deve:

- valutare anche le possibili variazioni nel tempo del parametro considerato, notando la lunga vita di un impianto, se paragonata all'evoluzione delle condizioni del traffico e allo sviluppo della rete stradale;
- accordarsi con il committente sul peso dei singoli parametri;
- limitare l'influenza di ogni parametro alla variazione massima di una categoria illuminotecnica come esemplificato nel prospetto 2, salvo per flussi di traffico minori del 25% rispetto alla portata di servizio;
- limitare le scelte tra le categorie illuminotecniche definite nella UNI EN 13201-2 evitando la creazione di nuove categorie, per esempio, introducendo livelli non previsti di luminanza o valori di uniformità ad eccezione dei casi previsti in appendice D.

Non devono in ogni caso essere previste categorie con prestazioni inferiori a quelle associate all'ultima categoria illuminotecnica definita nei prospetti della UNI EN 13201-2. La categoria illuminotecnica di progetto deve essere valutata per la portata di servizio massima della strada, indipendentemente dal flusso orario di traffico effettivamente presente e considerando i parametri del prospetto 2.

Il decremento massimo della categoria illuminotecnica di progetto a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso potrà essere pari a due categorie.

Nel caso in cui dati storici, statistici o previsionali evidenzino che condizioni di traffico minori del 50% o al 25% della portata di servizio massima siano reali e continuative per la vita prevista dell'impianto, la categoria illuminotecnica di progetto può essere ridotta, in accordo con il committente, di una categoria illuminotecnica nel caso di flussi di traffico stabilmente minori del 50% e di due categorie illuminotecniche nel caso di flussi di traffico stabilmente minori del 25%.

Se per questa ragione si riduce di due categorie illuminotecniche la categoria illuminotecnica di ingresso, le eventuali categorie di esercizio dovranno fare riferimento ad altri parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale. Il decremento massimo per la categoria illuminotecnica di esercizio a partire dalla categoria illuminotecnica di progetto potrà essere pari a una categoria qualora la riduzione della categoria illuminotecnica di progetto sia pari a due categorie illuminotecniche, altrimenti il decremento non potrà essere superiore a due categorie illuminotecniche.

Per gli impianti adattivi denominati "Full Adaptive Installation" (FAI) alle riduzioni precedenti si aggiunge una ulteriore riduzione di una categoria illuminotecnica per flussi di traffico minori del 12,5% del flusso orario di traffico di progetto. Le regole ora definite sono esplicitate nel prospetto 4.

Prospetto 4

prospetto 4 Possibili casi di riduzione della categoria illuminotecnica di ingresso

Impianto	Riduzione adottata per la categoria illuminotecnica di progetto rispetto alla categoria di ingresso	Riduzione massima adottata per la categoria illuminotecnica di esercizio	Riduzione massima della categoria di esercizio rispetto alla categoria di ingresso
Normale	0	0	0
		1	1
		2	2
	1	0	1
		1	2
		2	3
	2	0	2
		1	3
Condizioni di traffico stabilmente minori rispetto alla portata di servizio massima	1 (flusso di traffico stabilmente minore del 50%)	0	1
		1	2
		2	3
	2 (flusso di traffico stabilmente minore del 25%)	0	2
		1 (per altri parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale)	3
Impianti adattivi FAI	0	0	0
		1	1
		2	2
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	3
	1	0	1
		1	2
		2	3
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	4
	2	0	2
		1	3
		2 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	4

Se come categoria illuminotecnica di progetto/esercizio il progettista individua la categoria illuminotecnica M6 senza aver effettuato alcuna riduzione per il flusso orario di traffico rispetto alla portata di servizio, lo stesso deve dare evidenza nell'analisi dei rischi che le scelte operate siano sufficienti ai fini della sicurezza della zona di studio. Vi sono inoltre alcune condizioni che suggeriscono l'adozione di provvedimenti integrativi dell'illuminazione, di cui il prospetto 5 elenca alcuni esempi.

Prospetto 5

Esempi di provvedimenti integrativi all'impianto di illuminazione

Condizione	Rimedio
Prevalenza di precipitazioni meteoriche	Ridurre l'altezza e l'interdistanza tra gli apparecchi di illuminazione e l'inclinazione massima delle emissioni luminose rispetto alla verticale in modo da evitare il rischio di riflessioni verso l'occhio dei conducenti degli autoveicoli
Riconoscimento dei passanti	Verificare che l'illuminamento verticale all'altezza dei visi sia sufficiente
Luminosità ambientale elevata (ambiente urbano)	Adottare segnaletica stradale attiva e/o a riflessione catadiottrica di classe adeguata per mantenere la condizione di visibilità
Intersezioni, svincoli, rotonde (in particolare se con traffico intenso e/o di elevata velocità)	
Curve pericolose in strada con elevata velocità degli autoveicoli	
Elevata probabilità di mancanza di alimentazione	
Elevati tassi di malfunzionamento	
Presenza di rallentatori di velocità	
Attraversamenti pedonali in zone con flusso orario di traffico e/o velocità elevate	Illuminare gli attraversamenti pedonali con un impianto separato e segnalarli adeguatamente
Programma di manutenzione inadeguato	Ridurre il fattore di manutenzione inserito nel calcolo illuminotecnico

Sintesi conclusiva

Il progettista redige una sintesi conclusiva dell'analisi dei rischi ove precisa la (e) categoria(e) illuminotecnica(illuminotecniche) di ingresso, di progetto e di esercizio, e presenta le misure da porre in opera (impianti, attrezzature, procedure) per assicurare al livello desiderato la sicurezza degli utenti della strada.

4.5. Raccomandazioni per l'illuminazione

Controllo dell'abbagliamento debilitante

L'abbagliamento debilitante deve essere mantenuto entro valori di tollerabilità precisati, per ogni categoria illuminotecnica nella UNI EN 13201-2:2016 e comprendendo anche l'appendice C che diventa normativa ai fini della presente norma, Nel calcolo di FTI devono essere considerati tutti gli apparecchi di illuminazione, facenti parte dell'impianto in considerazione, che entrano nel campo visivo dell'utente della strada ed entro i limiti specificati nella UNI EN 13201-3. La posizione dell'osservatore deve essere scelta dal progettista come quella più critica, seguendo le prescrizioni della UNI EN 13201-3 e chiaramente indicata nel progetto illuminotecnico.

Apparecchi di illuminazione isolati

Se in prossimità di incroci in zone rurali o In strade locali extraurbane sono previsti apparecchi di illuminazione, singoli o in numero molto limitato con funzione di segnalazione visiva, limitatamente per questa zona non si richiede alcuna prescrizione per i livelli di illuminazione (categoria illuminotecnica P7) e si

richiede almeno la classe di intensità luminosa G4 per la limitazione dell'abbagliamento, valutata nelle condizioni di installazione degli apparecchi di illuminazione.

Resa del colore

Il valore minimo per l'indice generale di resa dei colori è 20. Gestione in condizioni atmosferiche buone Salvo accordi diversi tra le parti, i valori dei parametri di influenza presi in considerazione nell'analisi dei rischi devono essere quelli per le ore dell'oscurità e la determinazione delle categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio avviene per condizioni atmosferiche buone.

Gestione in condizioni atmosferiche avverse

Se non sono previste condizioni specifiche di funzionamento dell'impianto, l'attivazione delle categorie illuminotecniche di esercizio previste per le condizioni atmosferiche buone deve essere valutata caso per caso.

Guida visiva

La guida visiva è in larga misura determinata dalla disposizione dei centri luminosi, dalla loro successione geometrica, dalla loro intensità luminosa e dal colore della luce emessa. Affinché tali esigenze siano soddisfatte deve essere evitata ogni discontinuità dell'impianto che non sia la conseguenza di punti singolari per i quali è necessario richiamare l'attenzione dei conducenti di veicoli. La guida visiva può essere anche coadiuvata e/o costituita da segnaletica stradale attiva e/o a riflessione catadiottrica purché di classe adeguata.

Categorie illuminotecniche comparabili tra zone contigue e tra zone adiacenti

Se la zona di studio prevede una categoria illuminotecnica di tipo M, ma per la conformazione della strada non è possibile eseguire il calcolo della luminanza media secondo la UNI EN 13201-3 si devono adottare le categorie illuminotecniche come specificato nel prospetto 6. Quando zone di studio adiacenti (per esempio marciapiede adiacente alla strada) e/o contigue (per esempio attraversamento pedonale) prevedono categorie illuminotecniche diverse che a loro volta impongono requisiti prestazionali basati sulla luminanza o sull'illuminamento è necessario individuare le categorie illuminotecniche che presentano un livello luminoso comparabile come specificato nel prospetto 6. Si deve evitare una differenza maggiore di due categorie illuminotecniche comparabili. La zona in cui il livello luminoso raccomandato è il più elevato, costituisce la zona di riferimento. Quando la zona contigua è una intersezione stradale si devono adottare i requisiti specificati nell'appendice A. Considerate le possibili interazioni esistenti tra le aree adibite al traffico, quelle destinate a parcheggio (pubbliche o private) e, se esistenti, quelle di collegamento tra le due precedenti, il progettista in base alle effettive esigenze e tipologie delle zone da illuminare, deve valutare le condizioni e i requisiti più idonei. Nell'analisi dei rischi devono essere giustificate le ragioni delle categorie illuminotecniche scelte, per le zone associabili alla presenza di traffico, e le condizioni di riferimento della UNI EN 12464-2, per le zone di parcheggio vero e proprio.

Prospetto 6

Comparazione di categorie illuminotecniche

Condizione	Categoria illuminotecnica comparabile					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0,05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0,05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 > 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota Per il valore di Q_0 vedere punto 13 e l'appendice B.						

Categorie illuminotecniche aggiuntive

Quando si deve facilitare la visione delle superfici verticali (per esempio nei casi di svincoli o zone di interscambio) o in zone con rischio di azioni criminose si ricorre a prescrizioni anche per l'illuminazione sul

piano verticale. Alle categorie illuminotecniche Individuate precedentemente si deve aggiungere la categoria illuminotecnica specificata nel prospetto 7. È compito del progettista individuare l'illuminamento che meglio permette di caratterizzare il tipo di prestazione desiderata.

Prospetto 7

Categorie illuminotecniche aggiuntive

Categoria illuminotecnica										
Categoria illuminotecnica individuata	C0	C1	C2	C3	C4	C5	-	-	-	
	-	-	-	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Categoria illuminotecnica aggiuntiva	-	EV3	EV4	EV5	-	-	-	-	-	

Condizioni particolari per le strade di tipo F

Nel caso di isole ambientali, centri storici, altri tipi di strade con velocità massima fino a 30 km h-1 e nelle zone pedonali, il valore dell'incremento di soglia fTl è riportato nell'appendice C della UNI EN 13201-2:2016. Nel prospetto 7 è riportata la categoria illuminotecnica EV, che integra le prescrizioni delle categorie illuminotecniche C ed P raccomandate, nel caso di zone sottoposte a videosorveglianza.

4.6. Griglie di calcolo

Nel caso di intersezioni stradali l'appendice A fornisce indicazioni integrative alla UNI EN 13201-3 per le griglie di calcolo. Qualora le condizioni geometriche della strada impediscano l'adozione delle griglie di calcolo specificate nella UNI EN 13201-3, è compito del progettista individuare la griglia in grado di fornire una stima adeguata dei parametri da calcolare. Tale scelta deve essere giustificata nel progetto illuminotecnico. In ogni caso nel progetto illuminotecnico deve essere chiaramente indicata la griglia di calcolo usata al fine di permettere sia i confronti con altri progetti sia le misurazioni come prescritto nel punto 14.

4.7. Caratterizzazione degli apparecchi di illuminazione

I valori della ripartizione dell'intensità luminosa degli apparecchi di illuminazione, utile ai calcoli, devono rappresentare, secondo la responsabilità del costruttore, le reali caratteristiche dell'apparecchio di illuminazione. La ripartizione dell'intensità luminosa deve essere fornita nel sistema di coordinate C-y con il passo di misura richiesto nella UNI EN 13201-3. Ripartizioni rilevate per valori di con passo di l' sono da preferirsi nei casi e nella direzioni in cui vi è un elevato gradiente dell'intensità luminosa.

4.8. Regolatori di flusso luminoso

Se l'impianto dispone di uno o più regolatori di flusso luminoso, questi devono soddisfare i requisiti della UNI 11431.

4.9. Caratteristiche di riflessione della pavimentazione stradale

Nel caso di requisiti formulati in termini di luminanza, ai fini del calcolo secondo la UNI EN 13201-3, le caratteristiche in riflessione della superficie della pavimentazione stradale devono essere specificate mediante la ripartizione direzionale del coefficiente ridotto di luminanza. Queste caratteristiche devono essere, in genere, comunicate dal committente e approvate dal progettista. Qualora, per qualsiasi ragione, tali caratteristiche non siano disponibili, devono essere concordate tra le parti, ricorrendo a misurazioni delle caratteristiche fotometriche della pavimentazione quando non sia possibile identificarle con una classe di pavimentazione stradale normalizzata (vedere appendice normativa C). Nel caso non si adotti una classe normalizzata, nel progetto deve essere indicata la ripartizione direzionale del coefficiente ridotto di luminanza adottata. In ogni caso deve essere specificato il valore usato per i parametri globali.

4.10. Misurazioni

Le misurazioni di caratterizzazione fotometrica degli impianti devono essere eseguite seguendo quanto previsto dalla UNI EN 13201-4. La taratura degli strumenti deve essere eseguita in un laboratorio

ricosciuto da ACCREDIA o dell'European Cooperation for the Accreditation (EA) e per la misurazione delle grandezze fotometriche, non deve essere anteriore a due anni. Insieme ai risultati delle misurazioni deve essere indicata l'incertezza di misura per rendere possibile la verifica del superamento dei requisiti normativa, come specificato nella UNI EN 13201-4. Le conformità alla presente norma devono essere verificate come specificato nella UNI EN 13201-4. Per gli impianti adattivi si applica quanto descritto nell'appendice D della UNI EN 13201-4:2016 con l'avvertenza che le misurazioni di illuminamento orizzontale possono essere sostituite da misurazioni di luminanza del manto stradale opportunamente scalate.

4.11. Piano di manutenzione

Il progetto sta deve eseguire il progetto introducendo un fattore di manutenzione valutato per il tipo di apparecchio di illuminazione scelto (tipo di lampada, sistema di alimentazione, caratteristiche costruttive dell'apparecchio di illuminazione), per le modalità operative dell'impianto, per le condizioni ambientali e congruente con il piano di manutenzione previsto. Il progettista, unitamente al progetto, deve:

- specificare il fattore di manutenzione indicando tutte le assunzioni fatte per derivarne il valore;
- indicare le caratteristiche che deve possedere l'apparecchio di illuminazione in relazione alle condizioni ambientali previste;
- preparare un piano di manutenzione comprensivo dei dati sulla frequenza della sostituzione delle sorgenti, della pulizia degli apparecchi e sulle modalità esecutive della stessa;
- fornire informazioni per applicare correttamente il piano di manutenzione (per esempio indicazione dei parametri da tenere sotto controllo) e sui metodi di stima dei tempi di intervento manutentivo e di verifica del raggiungimento degli obiettivi (algoritmi di calcolo e indicazioni per le misurazioni sul campo, per esempio seguendo griglie di misura modificate rispetto a quelle previste per il progetto).

4.12. Progetto

Il progetto deve essere redatto in conformità alla UNI 11630. Nel caso di adozione delle categorie illuminotecniche di tipo M, il progettista deve allegare anche i valori di illuminamento calcolati nei punti della griglia usata per il calcolo del valore medio della luminanza del manto stradale.

5. ILLUMINAZIONE A LED

Il singolo LED presenta caratteristiche tipiche dei dispositivi elettronici allo stato solido, quali: robustezza, assenza di componenti mobili e particolarmente fragili, mancanza di elementi fortemente inquinanti come il mercurio, piccole dimensioni sia del dispositivo sia della superficie emette la luce, ampia modularità nelle potenze e nelle condizioni di alimentazione, elevata potenza termica dissipata su volume estremamente ridotto, distribuzione e spettrale della radiazione emessa, concentrata praticamente solo nel visibile, immediata disponibilità del massimo flusso luminoso all'accensione.

Queste peculiarità incrementano la flessibilità nella progettazione ottica degli apparecchi di illuminazione rendendo spesso obsoleta l'uso tradizionale di riflettori o di vetri sagomati per indirizzare la luce nelle direzioni desiderate

L'efficienza luminosa degli apparecchi di illuminazione a LED è paragonabile a quella degli apparecchi con lampade di sodio ad alta pressione fig.1, sicché questo parametro non è sufficiente da solo per giustificare l'installazione di apparecchi a Led al fine di conseguire un risparmio energetico negli impianti di illuminazione stradale. Per capirne le vere ragioni occorre considerare il fattore di utilizzazione (F_u), il quale risulta particolarmente vantaggioso per gli apparecchi a LED. Il fattore di utilizzazione è il rapporto tra il flusso luminoso ricevuto dalla superficie che deve essere illuminata ed il flusso totale emesso dagli apparecchi di illuminazione che sono necessari per soddisfare i requisiti normativi sulla superficie stessa.

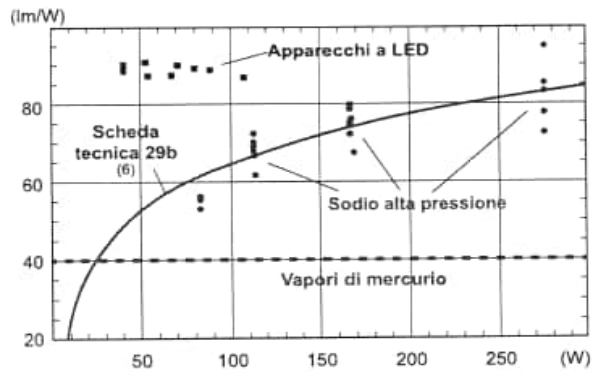


Fig. 1 - Confronto tra l'efficienza luminosa di apparecchi a LED e di apparecchi con lampade al sodio ad alta pressione e a vapori di mercurio.

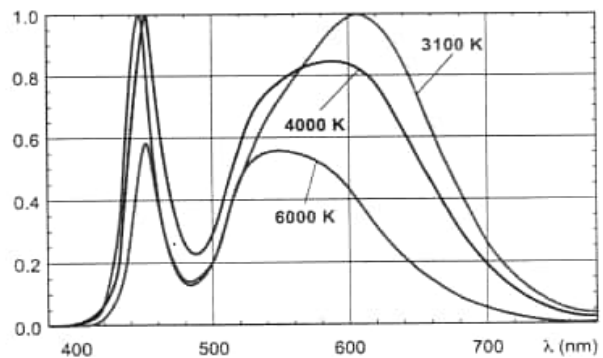


Fig. 2 - Tipiche distribuzioni spettrali relative dei LED per alcuni valori della temperatura di colore prossima in funzione della lunghezza d'onda.

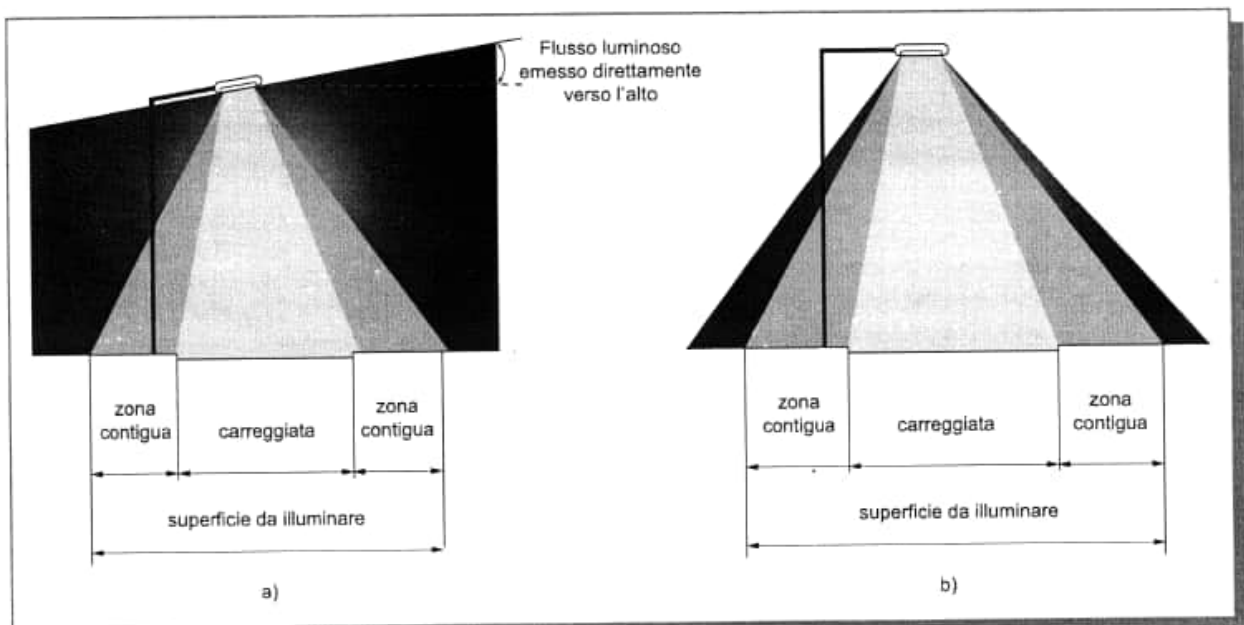


Fig. 3 - Tipica distribuzione del flusso luminoso nel caso di:
a) apparecchio di illuminazione tradizionale;
b) apparecchio di illuminazione a LED.

Per motivi ottici (dimensioni del riflettore rispetto alle dimensioni della scarica della lampada) gli apparecchi di illuminazione con sorgenti tradizionali non riescono a limitare il flusso luminoso in una zona ben delimitata, ma lo disperdono anche verso le zone limitrofe fig.3.a. Al contrario gli apparecchi a led riescono a concentrare la luce solo nelle zone da illuminare secondo i requisiti normativi, in questo modo rendono massima la fruizione di flusso luminoso realmente utile, riducendo sia le dispersioni di luce, Fig 3.b. sia l'abbagliamento e incrementando la luminanza del manto stradale.

Questa peculiarità operativa rappresentano il vantaggio reale dell'apparecchio a LED dal punto di vista energetico. Permettono infatti a parità di potenza di aumentare l'inter distanza tra le sorgenti (pali), oppure pari inter distanza, di ridurre la potenza degli apparecchi.

Inoltre la potenza di ogni apparecchio può essere frazionata (mediante la riduzione del flusso luminoso o variando il numero di LED montati) a livelli molto più fini rispetto al passo standard delle lampade, evitando il sovradimensionamento degli impianti per l'indisponibilità di sorgenti con potenze adeguate.

Per confrontare le prestazioni energetiche tra gli impianti di illuminazione stradale, si considererà la densità di potenza D_p rapporto tra la potenza totale assorbita dell'impianto e il flusso luminoso incidente sull'area da illuminare ai sensi della EN13201 – 2/3/4/5.

Gli impianti con apparecchi a LED richiedono in genere densità di potenza minori rispetto agli impianti con apparecchi tradizionali, a parità di requisiti normativi, la riduzione può raggiungere e superare il 30% a seconda delle situazioni e dei vincoli ambientali.

Il flusso luminoso è facilmente regolabile anche a livello di singolo apparecchio a LED e questo consente di compensare sia il sovradimensionamento (dovuto alle incertezze di progetto o alle potenze disponibili sul mercato) sia all'invecchiamento. La progettazione ci permette di lavorare con flussi luminosi costanti nel tempo CLO. Questi impianti raggiungono la potenza nominale solo al termine del periodo di manutenzione, permettendo un sensibile risparmio energetico rispetto agli impianti normali che operano a potenza costante e a flusso luminoso decrescente nel tempo, fino al limite previsto dal fattore di manutenzione.

La stabilizzazione del flusso può essere ottenuta per il tramite di variazione della corrente di alimentazione dei LED, programmate in base alle ore di accensione o in modo più sofisticato con sistemi di misura che controllano la continuità la reale luminanza del manto stradale.

Inoltre l'apparecchio di illuminazione funziona, per la maggior parte del tempo, a frazione della potenza massima aumentandone la durata di vita.

La luminanza del manto stradale richiesta dalla normativa per il traffico motorizzato è compresa tra 0,3 cd/mq e 2 cd/mq, nelle altre illuminazioni stradali i valori di illuminamento richiesti variano da 2lx a 50 lx.

In questa situazione la radiazione emessa da un indice di resa dei colori ra maggiore 60, si prevederà nella valutazione dei rischi la riduzione di una categoria illuminotecnica rispetto a quella di progetto, con un risparmio del flusso installato del 20/30%.

La presenza di un alimentatore elettronico rende il flusso luminoso emesso dall'apparecchio a LED praticamente insensibile alle variazioni della tensione di rete anche se questi fossero superiori ai limiti normativi CEI EN 50160.

Con conseguenza, questa insensibilità rende spesso trascurabile l'effetto della caduta di tensione lungo la linea.

Il tempo necessario ai LED per accendersi è così breve salvo eventuali limitazioni dell'alimentatore, da non essere percepibile dall'osservatore.

Però è importante verificare la caratteristica dell'alimentatore elettronico poiché potrebbe presentare una corrente di inserzione dell'ordine di centinaia di A. Anche se per tempi inferiori ai decimi di millisecondo.

I LED non presentano gas o vapori metallici, come le lampade a scarico, e quindi sono considerate a basso impatto ambientale, anche se costituiscono comunque un rifiuto RAEE, .

I corpi luminanti richiedono procedure di manutenzione specifiche, considerando la loro vita e lo scarso interesse pratico nella sostituzione del modulo LED, per quanto detto precedentemente, non deve essere equiparata alla sostituzione delle lampade degli apparecchi tradizionali.

Nella valutazione dei costi di gestione ed esercizio occorre mettere in conto il risparmio dovuto alla mancata sostituzione delle lampade e il maggiore onere per la sostituzione degli apparecchi, tenendo conto che la loro vita corrisponde indicativamente a più di 20 anni di esercizio.

La durata dell'apparecchio dipende dalla temperatura di ingiunzione, e dalla temperatura dell'aria, queste temperature dipendono a monte dalla corrente di alimentazione e dalla capacità dell'apparecchio di smaltire il calore.

La durata di un apparecchio di illuminazione dipende dalle sue caratteristiche costruttive.

Lo smaltimento del calore generato dal LED è un punto chiave per la durata dell'apparecchio.

Le lampade cedono il calore direttamente all'area circostante.

In ogni caso la durata di vita di un apparecchio non dipende solo dal LED installato, ma dall'invecchiamento delle parti ottiche, apparati elettrici ed elettronici.

Il committente per tutelarsi può chiedere condizioni di garanzia particolari su guasti. La presenza di dispositivi elettronici all'interno dell'apparecchio richiede l'installazione di dispositivi contro sovratensioni dovute a scariche atmosferiche che possono provocare la morte anticipata dell'apparecchio.

Nella sostituzione di alcune lampade tradizionali con lampade a LED saranno necessarie le seguenti precauzioni: apportare modifiche sostanziali agli apparecchi di illuminazione comporta la perdita della

garanzia del costruttore; le nuove sorgenti assicureranno condizioni illuminotecniche equivalenti o migliori delle precedenti in temperatura, colore e indice di resa.

La soluzione adottata è il cosiddetto retrofit dell'impianto, ossia la sostituzione degli apparecchi senza spostare i pali.

Il vantaggio economico, che compensa il maggior costo degli apparecchi è la minor potenza installata dovuta a : elevato fattore di utilizzazione degli apparecchi, gamma più ampia di potenze disponibili, possibilità di riduzione della categoria illuminotecnica.

Le misurazioni fotometriche ai sensi della EN 13201-2 terrà conto la conoscenza dei parametri ambientali e delle tolleranze nella ripartizione dell'intensità luminosa; il collaudo con le misure eseguite nei punti di calcolo progettuali e le verifiche relative le misure durante la vita dell'impianto, sul rispetto della norma per una ottimizzazione degli interventi di manutenzione.

6. INQUINAMENTO LUMINOSO

Per quanto concerne l'inquinamento luminoso, ostacolo dell'osservazione astronomica, è generata dal flusso luminoso verso l'alto, riflesso dalle superfici illuminate proporzionale all'energia assorbita, mentre il flusso spurio emesso dagli apparecchi di illuminazione verso l'altro non ha influenza pratica.

Le misure effettuate confermano maggiori consumi e riflessioni per apparecchi con vetro piano, la miglior compatibilità energetica ed ambientale nella illuminazione pubblica è assicurata dai minor consumi, approccio adottato dalle norme tecniche ed in particolare dal regolamento 245/2009 della Commissione Europea. Occorre realizzare impianti che garantiscono livelli di luminanza stradali necessari e sufficienti per la conformità alle norme di sicurezza.

Nessun impianto può attuare la prescrizione 0 cd per 1000 ml, in quanto contraria alle leggi della fisica.

Inoltre gli impianti che dichiarano di attuarla si allontanano dagli obiettivi della legge regionale di minimizzare i consumi energetici e la luminanza artificiale del cielo.

Obbiettivi raggiungibili con un miglioramento atteso della visibilità delle stelle di oltre 2 mag (tabella G).

Tabella E - Misure sul sito INRIM.

Vetro	Piano	Bombato
ULOR	0,23%	0,40%
Fattore riflessione ρ	13,8%	
Emissioni/diffusioni	1,7%	2,9%

Tabella F - Misure e valutazioni su impianti di ricerca a Marcallo.

Caratteristiche impiantistiche		
Sorgente di luce	Ioduri metallici e LED	
Tipo di vetro	Piano	Curvo
Altezza (m)	8	8
Interdistanza (m)	33	37
Misure fotometriche		
Luminanza (cd/m^2)	1,00 (parzializzato a 0,90)	1,00 (parzializzato a 0,83)
Illuminamento (lx)	14,4	12,4
Confronto tra vetro piano e curvo (riferimento)		
Consumi energia	+21%	Riferimento
Flusso verso l'alto	+16%	

Tabella G - Riepilogo compatibilità energetica e ambientale.

Caratteristiche	Risparmio (%) ⁽¹⁾	Potenza relativa ⁽²⁾	Emis. alto app. (%) ⁽³⁾	Magn. lim. Δm_L ⁽⁴⁾
Leggi regionali che prescrivono emissioni nulle verso l'alto				
Riferimento LR Lombardia	0	1,00	0	0
Norme UNI 11248/12, EN 13201/15 e regolamento CE 245/09				
1 Impianti con vetro curvo	21	0,79	3	-0,21
2 Riduzione di due cat. ill. di progetto	50	0,50	-	0,75
3 Riduzione di tre cat. ill. in esercizio	65	0,35		1,14
4 Utilizzo di LED con $r_a \geq 60$	30	0,70		0,39
5 Impianti con fat. lum. $q_{inst} = 1,15$ ⁽⁵⁾	28	0,72		0,36
Impianti secondo lo stato dell'arte in orario regolamentato				
6 Imp. conformi ai casi 1, 3, 4, 5	86	0,13	3	2,12

(1) Il risparmio energetico percentuale è valutato rispetto a impianti con apparecchi cutoff con vetro piano proporzionalmente alla riduzione della luminanza stradale derivante dall'analisi dei rischi prescritta dalla norma UNI 11248.

(2) La potenza installata percentuale è calcolata sottraendo da 100% il risparmio energetico percentuale.

(3) Le emissioni percentuali verso l'alto ULOR sono valutate 0 per gli apparecchi con vetro piano e 3% per quelli con vetro curvo, come previsto dal regolamento europeo 245.

(4) La luminosità delle stelle è valutata in magnitudini, maggiori per le stelle meno luminose. Un osservatorio con magnitudine limite maggiore può osservare corpi celesti più lontani.

(5) Per ridurre il flusso luminoso diffuso verso l'alto occorre minimizzare l'illuminamento E necessario per ottenere la luminanza stradale L con un elevato fattore di luminanza $q_{inst} = L/(E Q_0)$, secondo la EN 13201-5 (2015): "Road lighting - Energy performance indicators".

7. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI DEFINITIVE

La disposizione delle nuove armature per illuminazione funzionale si ipotizza che sarà su ambo i lati della piazza, mentre l'illuminazione architettuale si prevede avrà proiettori, con diversi tipi di fascio, anche questa su due lati, per porre accento alle due facciate del municipio. Si prevede poi di illuminare anche le porte di via Roma, di via Giovanni e Genesis. L'illuminazione funzionale sarà bianco caldo, l'architettuale del municipio RGB, mentre quella delle porte bianco caldo di tipo statico. La progettazione è effettuata in accordo alla legge regionale della Regione Friuli Venezia Giulia per il contenimento dell'inquinamento luminoso L.R. 15/07, art. 8, comma 10. Al fine di rendere possibile, gestibile ed aggiornare il cablaggio di armature e proiettori si prevede un ripristino ed ampliamento dei corrugati interrati esistenti con successivo ripristino della pavimentazione interessata.

Per quanto riguarda l'illuminazione funzionale della piazza, le verifiche illuminotecniche saranno condotte in fase di progettazione esecutiva su uno scenario prestabilito che individua nella media le caratteristiche della piazza oggetto di studio. La Classificazione è stata effettuata in base a quanto definito dal codice della strada (D.Lgs. 285 del 0/04/1992 e successive modifiche) e sulla base del D.M. n. 6792 del 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" emanato dal Ministero delle Infrastrutture e trasporti. La selezione della categoria illuminotecnica di riferimento secondo la norma UNI 11248. La scelta della categoria illuminotecnica di progetto è stata effettuata in concerto con l'Amministrazione Comunale seguendo i criteri dell'analisi di rischio richiesti dalla normativa vigente, si classifica pertanto la stessa con categoria illuminotecnica C3, "centri storici", per cui è richiesto un illuminamento di 10lx.

8. INDICI IPEA ED IPEI: PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI APPARECCHI E DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA

- Il DM 27/09/2017 regola la prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione e dell'impianto di illuminazione pubblica.
- Per quanto riguarda gli apparecchi di illuminazione, i corpi illuminanti che saranno proposti nel progetto definitivo-esecutivo dovranno soddisfare i requisiti richiesti dal DM, ovvero classe energetica superiore alla classe B, secondo indicazioni del produttore.

Si riporta di seguito uno stralcio del decreto.

4.2.3.8 Prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione

Con riferimento alla tabella che segue, gli apparecchi d'illuminazione debbono avere l'indice IPEA*¹² maggiore o uguale a quello della classe C fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe B fino all'anno 2025 compreso e a quello della classe A, a partire dall'anno 2026. Gli apparecchi d'illuminazione impiegati nell'illuminazione stradale, di grandi aree, rotatorie e parcheggi debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe B fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe A+ fino all'anno 2021 compreso, a quello della classe A++ fino all'anno 2023 compreso a quello della classe A+++ a partire dall'anno 2024.

Tab. n. 7

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica apparecchi illuminanti	IPEA*
An+	$IPEA^* \geq 1,10 + (0,10 \times n)$
A++	$1,30 \leq IPEA^* < 1,40$
A+	$1,20 \leq IPEA^* < 1,30$
A	$1,10 \leq IPEA^* < 1,20$

L'indice IPEA* che viene utilizzato per indicare la prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione è definito come segue:

$$IPEA^* = \frac{\eta_a}{\eta_r}$$

con η_a = efficienza globale dell'apparecchio di illuminazione, che si calcola come segue

$$\eta_a = \frac{\Phi_{app} \cdot Diff}{P_{app}} [lm/W]$$

in cui:

Φ_{app} (lm) flusso luminoso nominale iniziale emesso dall'apparecchio di illuminazione nelle condizioni di utilizzo di progetto e a piena potenza,

P_{app} (W) potenza attiva totale assorbita dall'apparecchio di illuminazione intesa come somma delle potenze assorbite dalle sorgenti e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione (accenditore, alimentatore/reattore, condensatore, ecc.); tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza (comprensiva quindi di ogni apparecchiatura in grado di assorbire potenza elettrica dalla rete);

Diff frazione del flusso emesso dall'apparecchio di illuminazione rivolta verso la semisfera inferiore dell'orizzonte (calcolata come rapporto fra flusso luminoso diretto verso la semisfera inferiore e flusso luminoso totale emesso), cioè al di sotto dell'angolo di 90°.

e con η_r = efficienza globale di riferimento, i cui valori sono riportati, in funzione del tipo di apparecchio di illuminazione, nelle tabelle che seguono:

Tab. n. 8

Illuminazione stradale	
Potenza nominale dell'apparecchio P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 65$	73
$65 < P \leq 85$	75
$85 < P \leq 115$	83
$115 < P \leq 175$	90
$175 < P \leq 285$	98
$285 < P \leq 450$	100
$450 < P$	100

Tab. n. 9

Illuminazione di grandi aree, rotonde, parcheggi	
Potenza nominale dell'apparecchio P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 65$	70
$65 < P \leq 85$	70
$85 < P \leq 115$	70
$115 < P \leq 175$	72
$175 < P \leq 285$	75
$285 < P \leq 450$	80
$450 < P$	83

Tab. n. 10

Illuminazione di aree pedonali, percorsi pedonali, percorsi ciclabili, aree ciclo-pedonali	
Potenza nominale dell'apparecchio P[W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 65$	75
$65 < P \leq 85$	80
$85 < P \leq 115$	85
$115 < P \leq 175$	88
$175 < P \leq 285$	90
$285 < P \leq 450$	92
$450 < P$	92

Tab. n. 11

Illuminazione di aree verdi	
Potenza nominale dell'apparecchio P [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 65$	75
$65 < P \leq 85$	80
$85 < P \leq 115$	85
$115 < P \leq 175$	88
$175 < P \leq 285$	90
$285 < P \leq 450$	92
$450 < P$	92

Tab. n. 12

Illuminazione di centro storico con apparecchi di illuminazione artistici ¹³ :	
Potenza nominale dell'apparecchio P [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 65$	60
$65 < P \leq 85$	60
$85 < P \leq 115$	65
$115 < P \leq 175$	65
$175 < P \leq 285$	70
$285 < P \leq 450$	70
$450 < P$	75

4.3.3.3 Prestazione energetica dell'impianto

Con riferimento alla tabella che segue, l'impianto di illuminazione pubblica deve avere l'indice IPEI*²³ maggiore o uguale di quello corrispondente alla classe B fino all'anno 2020 compreso, a quello della classe A fino all'anno 2025 compreso e a quello della classe A+ a partire dall'anno 2026.

Tab. n. 1

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica impianto	IPEI*
An+	$IPEI^* < 0,85 - (0,10 \times n)$
A++	$0,55 \leq IPEI^* < 0,65$
A+	$0,65 \leq IPEI^* < 0,75$
A	$0,75 \leq IPEI^* < 0,85$
B	$0,85 \leq IPEI^* < 1,00$
C	$1,00 \leq IPEI^* < 1,35$
D	$1,35 \leq IPEI^* < 1,75$
E	$1,75 \leq IPEI^* < 2,30$
F	$2,30 \leq IPEI^* < 3,00$
G	$IPEI^* \geq 3,00$

L'indice IPEI* che viene utilizzato per la valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti di illuminazione è definito come segue:

$$IPEI^* = \frac{D_p}{D_{p,R}}$$

con D_p = Densità di Potenza di progetto, che si calcola come segue:

$$D_p = \frac{\sum P_{app}}{\sum_{i=1}^n \left(\bar{E}_i \cdot \frac{0,80}{MF_i} \cdot A_i \right)}$$

in cui:

P_{app} (W) potenza attiva totale assorbita dagli apparecchi di illuminazione, intesa come somma delle potenze assorbite dalle sorgenti e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione (accenditore, alimentatore/reattore, condensatore, ecc.); tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza (comprensiva quindi di ogni apparecchiatura in grado di assorbire potenza elettrica dalla rete);

\bar{E}_i (lx) illuminamento orizzontale medio mantenuto di progetto dell'area i-esima, calcolato secondo le direttive UNI EN 13201. L'illuminamento medio mantenuto di progetto non può essere superiore del 20% rispetto al valore minimo indicato dalla norma UNI 13201-2.

MF_i coefficiente di manutenzione adottato per il calcolo dell'area i-esima.

A_i area i-esima illuminata.

n: numero delle aree i-esime considerate. Le aree lungo una carreggiata che devono essere illuminate per rispettare il parametro R_{EI}^{24} non vanno considerate come aree i-esime (ovvero: per tratti stradali che non hanno aree i-esime adiacenti classificate tramite una propria categoria, va considerata unicamente la carreggiata).

e con $D_{p,R}$ = Densità di Potenza di riferimento, i cui valori sono riportati, in funzione del tipo di apparecchio di illuminazione, nelle tabelle seguenti.

Per le categorie illuminotecniche basate sulla luminanza (M), l'illuminamento orizzontale medio mantenuto (\bar{E}_t) da utilizzare per il calcolo della densità di potenza (D_p) deve essere la media dei valori di illuminamento calcolati sulla stessa griglia dei punti utilizzati per il calcolo della luminanza in conformità alla EN 13201-3. In alternativa, se risulta impossibile effettuare il calcolo dell'illuminamento orizzontale medio mantenuto secondo la modalità sopra descritta, qualora sia stato utilizzato un manto stradale di classe C2 per il calcolo della luminanza media mantenuta, si può utilizzare la formula semplificata:

$$\bar{E}_t = \frac{L_t}{0,07}$$

Nel caso in cui il medesimo ambito presenti più aree, di cui una o più aventi categorie illuminotecniche di progetto differenti, va utilizzata come Densità di Potenza di riferimento quella relativa alla classe illuminotecnica più gravosa fra gli ambiti considerati (ovvero quella con Densità di Potenza di riferimento minore).

Nelle tabelle che seguono sono riportati i valori di Densità di Potenza di riferimento riferiti alle categorie illuminotecniche di progetto secondo la norma UNI 13201-2:

Tab. n. 2

Illuminazione stradale	
Categoria illuminotecnica M	
Categoria illuminotecnica (secondo UNI 13201-2)	Densità di Potenza di riferimento [W/lux/m ²]
M1	0,035
M2	0,037
M3	0,040
M4	0,042
M5	0,043
M6	0,044

Gli impianti che insistono in aree per le quali non è possibile definire una classe illuminotecnica M, C o P di progetto vengono esentati dal calcolo IPEI*.

Illuminazione di grandi aree, incroci o rotonde, parcheggi Categoria illuminotecnica C (o P)	
Categoria illuminotecnica (secondo UNI 13201-2)	Densità di Potenza di riferimento [W/lux/m²]
C0	0,030
C1	0,032
C2	0,034
C3 (P1)	0,037
C4 (P2)	0,039
C5 (P3)	0,041
(P4)	0,043
(P5)	0,045
(P6)	0,047
(P7)	0,049

Tab. n. 4

Illuminazione di aree pedonali o ciclabili Categoria illuminotecnica P (o C)	
Categoria illuminotecnica (secondo UNI 13201-2)	Densità di potenza di riferimento [W/lux/m²]
(C0)	0,039
(C1)	0,042
(C2)	0,044
P1 (C3)	0,048
P2 (C4)	0,051
P3 (C5)	0,053
P4	0,056
P5	0,059
P6	0,061
P7	0,064

Nel caso in cui le strade non siano asfaltate o comunque presentino pavimentazione non riconducibile alle classi C1 e C2 citate nella norma UNI 11248 potrebbe non essere possibile effettuare un calcolo in luminanza e quindi riferirsi alle classe M di cui alla Tab. n. 2. In questi casi, si devono utilizzare i valori di densità di potenza indicati nella Tab. n. 3

In caso di ambiti curvi ad elevata curvatura (come ad esempio rotonde) è opportuno considerare l'area illuminata maggiorata del 20%.

Le aree verdi sono esentate dal calcolo IPEI*, in quanto per esse non è possibile definire una classe illuminotecnica di progetto ai sensi della norma UNI 11248. Il progettista tuttavia può attribuire a queste aree una classe illuminotecnica di progetto e in questo caso è opportuno fare riferimento ai valori di densità di potenza indicati nella Tab. n. 4.

Per impianti dedicati all'illuminazione di centro storico con apparecchi artistici la densità di potenza di riferimento indicata nelle tabelle precedenti va innalzata del 15%.

9. SPECIFICHE TECNICHE DELL'INTERVENTO A PROGETTO

L'impianto elettrico in oggetto e di prima categoria (classificazione CEI 64-8), senza cabina propria di trasformazione, apparterrà quindi ad un sistema TT.

QUADRI ELETTRICI

Non sono previste modifiche ai quadri esistenti, di recente realizzazione.

Il quadri elettrici di distribuzione saranno composti da contenitore in materiale termoplastico autoestinguente, completo di sportello frontale trasparente in materiale infrangibile ed autoestinguente a grado di protezione minimo $IP \geq 44$, al suo interno saranno perfettamente installate e cablate tutte le apparecchiature necessarie per il controllo la protezione e la segnalazione dell'impianto elettrico secondo lo schema unifilare allegato al progetto esecutivo. La cavetteria interna e del tipo FS17 di sezione adeguata e completa di relativi capicorda, targhette incise segna-circuiti, staffe di fissaggio ed accessori vari. La protezione delle linee in partenza sarà realizzata con interruttori di tipo automatico di portata adeguata alla sezione da proteggere, la scelta del tipo di interruttore da installare dovrà essere realizzata tenendo conto delle seguenti normative:

- CEI 17-5 Interruttori automatici per c.a. e tensione nominale non superiore a 1.000V e per corrente continua e tensione nominale non superiore a 1200 V.
- CEI 17-11 Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori – sezionatori in aria e unita combinate con fusibili ecc. per c.a. e tensioni non superiori a 1000V e per corrente continua non superiori a 1200V.
- CEI-EN 60439 – Apparecchiature di manovra e manovra di bassa tensione
- CEI 23-3 Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari (per tensione nominale non superiore a 415V in c.a.) e varianti.
- CEI 23-18 Interruttori differenziali per usi domestici e similari con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari e varianti.
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500 V in corrente continua. Per garantire, in caso di cortocircuito, il coordinamento tra l'interruttore magnetotermico e la relativa conduttura protetta, dovranno essere installati interruttori aventi curva di energia specifica passante massima (I^2t) adeguata a quella della conduttura protetta. Quindi, sia per il corto circuito con potenza minima che per il corto circuito con potenza massima, la curva I^2t della conduttura risulterà superiore a quella massima tollerata dall'interruttore.

In generale il valore dell'energia specifica passante dell'interruttore, corrispondente al tempo di intervento del relè termico pari a 5 sec., sarà tale da garantire la protezione contro i contatti indiretti. Gli interruttori differenziali dovranno garantire una protezione totale ai contatti indiretti e costituire solo protezione addizionale ai contatti diretti.

La gestione del flusso luminoso sarà garantita dai sistemi elettronici interni di ogni singolo corpo illuminante. Gli stessi infatti sono dotati semplici sistemi elettronici che consentono il riconoscimento della mezzanotte virtuale e di impostare quindi dei profili di regolazione del flusso luminoso personalizzati in funzione delle esigenze dell'Amministrazione. I profili di regolazione verranno di volta in volta concordati con la D.d.L. ed e l'Amministrazione comunale interessata. L'abbassamento del flusso luminoso consente di ottenere un sensibile risparmio di energia, variabile tra il 30% e il 50% a seconda delle impostazioni. Oltre il risparmio energetico il sistema garantirà i seguenti vantaggi:

- Riduzione dei tempi di invecchiamento delle lampade
- Controllo dell'inquinamento luminoso
- Mantenimento dell'uniformità di illuminamento nel periodo di abbassamento di intensità luminosa
- Ridotta manutenzione delle lampade per la riduzione delle temperature

IMPIANTO DI DISPERSIONE

E' prevista la realizzazione di un impianto di dispersione a terra di classe I composto dalle seguenti componenti:

Conduttore/dispersore orizzontale di terra in tondo di acciaio zincato dia. 50 mm² o cavo unipolare FS17 450/750V 1x16 mm² (giallo/verde)

Dispensori a picchetto dispersore a croce in acciaio zincato per immersione conforme alle Norme CEI 7-6 compresa bandiera per allacciamento all'impianto, infissione, collegamenti ed accessori.

Pali provvisti di Messa a terra (MAT).

Armature in Classe I.

L'impianto di messa a terra sarà eseguito secondo le indicazioni riportate nelle tavole di progetto; il coordinamento con il dispositivo di protezione è rappresentato da un interruttore automatico differenziale a bassa sensibilità, corrente d'intervento 0,5 A.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i contatti diretti si realizza mediante segregazione delle parti attive.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti diretti indiretti verrà garantita dal coordinamento tra l'interruttore differenziale (interruzione automatica dell'alimentazione elettrica) e l'impianto di terra.

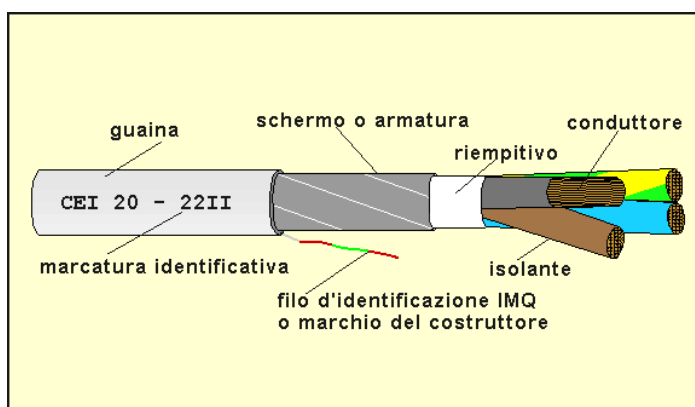
PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

La protezione contro il sovraccarico negli impianti di illuminazione pubblica non è necessario, (CEI 64-8/4) tuttavia, ove si interviene sulle componenti dei centralini, si è scelto di proteggere la linea dal sovraccarico in questo modo si può prescindere dalla lunghezza della linea protetta. La protezione dal sovraccarico si ottiene scegliendo interruttori magnetotermici differenziali previsti nello schema elettrico del quadro in funzione della sezione del cavo di dorsale.

10. CRITERI DI SCELTA DEI CAVI PER POSA INTERRATA

10.1. Generalità

Un cavo elettrico è essenzialmente costituito da un insieme di isolanti e di parti metalliche conduttrici. Il conduttore destinato a portare la corrente e l'isolante in intimo contatto che lo riveste, formano quella che comunemente viene denominata "anima". Un cavo può essere composto da un'unica anima (unipolare) o da più anime racchiuse in una guaina protettiva (multipolare). Per dare forma circolare al cavo solitamente gli interstizi tra un'anima e l'altra vengono colmati con composti estrusi chiamati riempitivi. Può essere presente anche uno schermo, con la funzione di ridurre l'influenza dei campi elettrici e i conseguenti disturbi, o un'armatura, per proteggere il cavo da danneggiamenti di natura meccanica.



L'isolante e la guaina hanno la funzione di isolare (la guaina ha funzioni anche di resistenza meccanica e di tenuta agli agenti chimici) e devono quindi possedere un'elevata rigidità dielettrica ma, contemporaneamente, anche specifiche caratteristiche termiche. La risposta dal punto di vista termico influenza infatti la portata (IZ) del conduttore in regime permanente, determina cioè il massimo valore di corrente che il conduttore è in grado di sopportare per un tempo indefinito, alla temperatura di servizio ordinario (70° per il PVC e 90° per l'EPR), senza che si abbia un decadimento significativo delle caratteristiche dielettriche e meccaniche dell'isolante. Oltre a questo l'isolante deve essere anche in grado di resistere alla sollecitazione termica di corto circuito per almeno un secondo (A 2 S) senza che questo provochi una perdita di vita del cavo superiore all'uno per mille.

Diverso è il comportamento dell'isolante alle sollecitazioni termiche a seconda che si tratti di PVC o di gomma. Una miscela in PVC se viene superata la temperatura di servizio diventa plastica e, se è meccanicamente sollecitata, può deformarsi in modo permanente. Una guaina in gomma invece, pur non subendo alcuna deformazione, a causa della dilatazione termica può fessurarsi o sfaldarsi e danneggiarsi in modo irreversibile. In definitiva il cavo deve essere scelto in funzione sia della corrente che deve trasportare sia delle caratteristiche dell'ambiente di installazione.

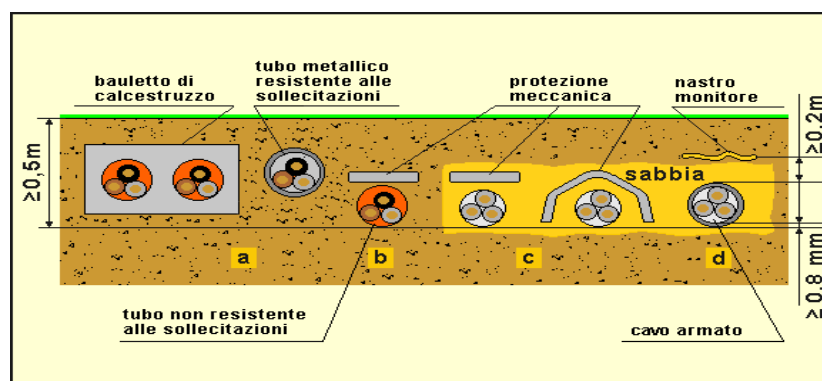
Un cavo interrato, direttamente o all'interno di un tubo, deve essere adeguatamente protetto contro le sollecitazioni meccaniche, e distanziato da altre tubazioni metalliche o di segnale e deve essere in grado di contrastare l'eventuale presenza di acqua o di umidità. Del resto anche la sua portata è influenzata dal particolare ambiente di posa e varia, a parità di sezione e con un determinato isolante, dalla profondità di posa, dalla resistività termica e dalla temperatura del terreno.

10.2. I cavi per posa interrata

I cavi interrati devono resistere ad un ambiente particolarmente gravoso e perciò devono avere caratteristiche particolari per quanto concerne la resistenza all'acqua, alle possibili sollecitazioni esterne e alle basse temperature. Sono adatti per lo scopo cavi con tensioni nominali di isolamento 0,6/1 kV isolati in gomma etilpropilenica (EPR, ad esempio FG7(O)R), rispondenti alle Norme CEI 20-13, oppure in polivinilcolruro (PVC, ad esempio N1VV-K) rispondenti alle Norme CEI 20-14. Meno diffusi ma altrettanto idonei alla posa interrata sono i cavi, sempre con tensioni nominali di isolamento 0,6/1 kV, con isolamento a base di miscela elastomerica reticolata G10 dotati di guaina termoplastica di qualità M1 o elastomerica di qualità M2, oppure con isolamento in gomma siliconica G4 e guaina elastomerica di qualità M2 (Norme CEI 20-38, CEI 20-45).

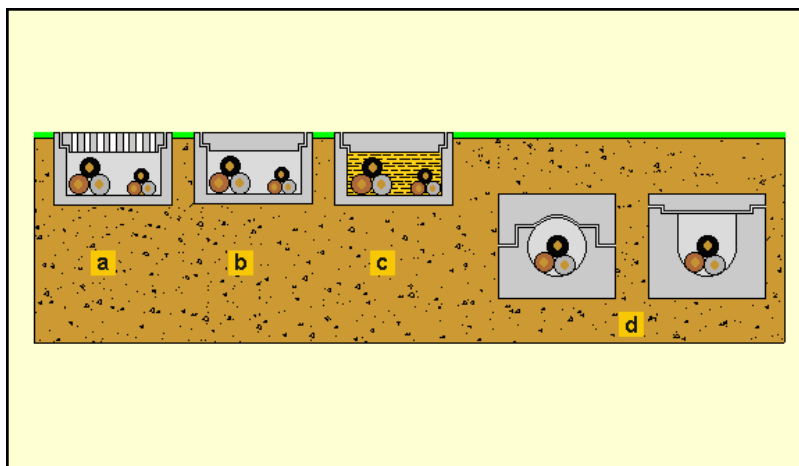
10.3. Modalità di posa

I cavi per posa interrata devono sempre essere dotati di guaina protettiva, protetti contro lo schiacciamento, quando si prevede in superficie il passaggio di mezzi pesanti, protetti contro i danni che possono essere provocati da eventuali scavi manuali, ma soprattutto da scavi che prevedono l'impiego di mezzi meccanici. La guaina deve proteggere il cavo dalle sollecitazioni di posa e la miscela che la compone deve essere anigroscopica, deve cioè essere in grado di difendere le anime dal contatto con l'acqua. Possono essere interrati direttamente, in tubazioni, in cunicoli o in condotti di calcestruzzo con modalità di posa diverse con caratteristiche meccaniche allo schiacciamento > a 450N (CEI PREN 50086-2-4 Variante A1). I cavi collocati direttamente nel terreno, eventualmente posati su di un alveo di sabbia, devono essere interrati ad una profondità minima di almeno 0,5 m e devono possedere un'armatura metallica di spessore non inferiore a 0,8 mm oppure una protezione meccanica supplementare per tutta la lunghezza. Se il cavo è armato e posato senza ulteriore protezione meccanica la sua posizione è bene che sia segnalata da apposito nastro monitor.



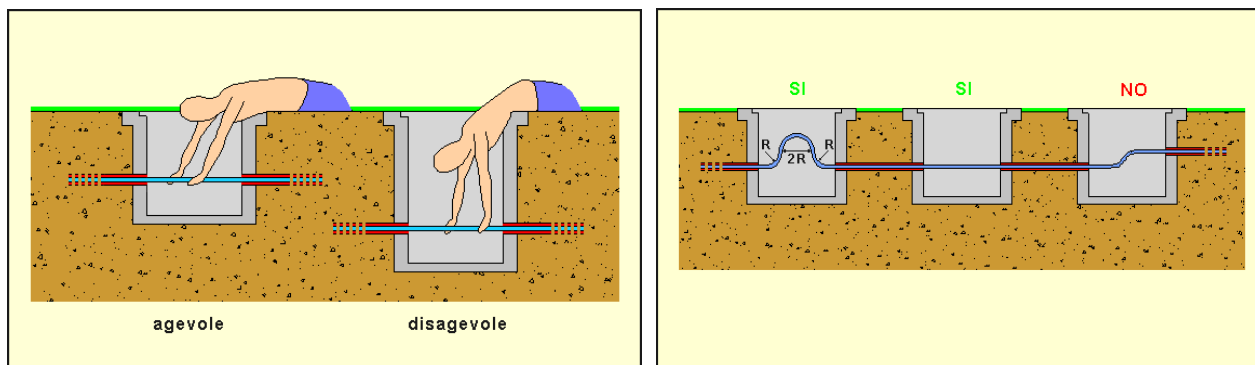
Modalità di posa dei cavi interrati – la profondità minima di posa non deve essere inferiore a 0,5 m dal suolo. a) In polifora di calcestruzzo b) In tubo resistente alle sollecitazioni esterne c) In tubo con protezione meccanica supplementare d) Direttamente interrato in letto di sabbia con protezione meccanica aggiuntiva d) Cavo armato posato direttamente in un letto di sabbia con aggiunta di nastro monitor

Le stesse prescrizioni, per quanto riguarda profondità di posa e protezione meccanica supplementare, valgono anche per i cavi posati in tubi non resistenti alle sollecitazioni. I cavi installati in cunicoli, in condotti di calcestruzzo o in tubi in grado di sopportare sollecitazioni esterne possono, se necessario, essere installati a profondità minori di 0,5 m anche senza protezioni supplementari. Si ricorda che la Norma CEI 23-46, in relazione alla resistenza alla compressione, distingue fra i tubi che possono essere interrati tre tipi di tubi: tubi tipo 250, tubi tipo 450 e tubi 750 (i numeri indicano la forza in newton con cui i tubi vengono provati). Secondo tale Norma i tubi tipo 450 e 750 possono essere direttamente interrati mentre per i tubi tipo 250 si devono adottare delle precauzioni aggiuntive. Casi particolari, come l'attraversamento di strade in genere e strade ferrate, sono trattati dalla Norma CEI 11-17 alla quale si rimanda per maggiori dettagli. Per finire è bene ricordare che i cavi non devono essere manipolati quando l'isolante è sottoposto a temperature inferiori a 0 °C se in PVC e -25 °C se a base di materiali elastomerici. L'irrigidimento degli isolanti dovuto alle basse temperature può provocare fessurazioni quando i cavi, durante le normali operazioni di posa, sono sottoposti a piegatura.

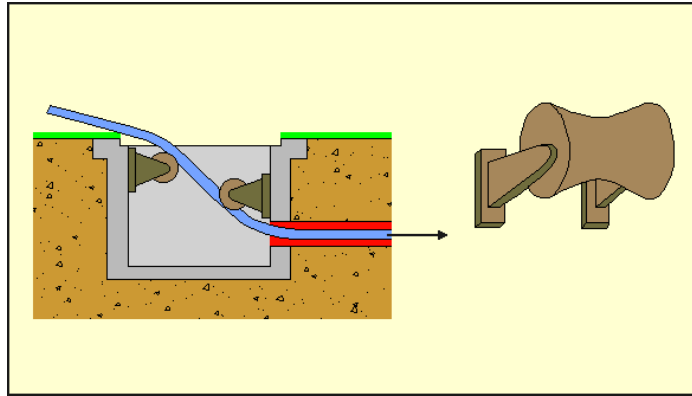


Modalità di posa di cavi interrati in cunicolo affiorante e interrato a) areato b) non areato c) non areato con riempimento d) interrato apribile

I pozzetti devono avere dimensioni adatte a consentire un agevole infilaggio dei cavi nel rispetto dei raggi di curvatura stabiliti dal costruttore e, per quanto possibile, i tubi di un cavidotto che fanno capo ad uno stesso pozzetto devono essere tra loro allineati.



Devono essere rispettati i raggi di curvatura minimi stabiliti dai costruttori e i tubi di uno stesso cavidotto devono essere allineati all'arrivo nel pozzetto. La forza di traino necessaria durante l'infilaggio (Norma CEI 11-17) deve essere esercitata sui conduttori e non sugli isolanti del cavo e non deve essere superiore a 60 N/mm² riferita alla sezione complessiva dei conduttori di rame (50 N/mm² per conduttori in alluminio). Per facilitare le operazioni di tiro possono essere utilizzati rulli per il traino che permettono di ridurre lo sforzo necessario evitando nel contempo danneggiamenti ai cavi stessi.

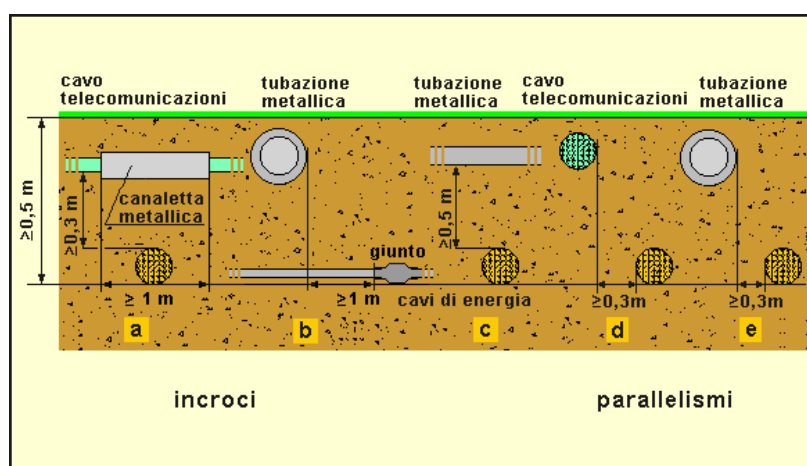


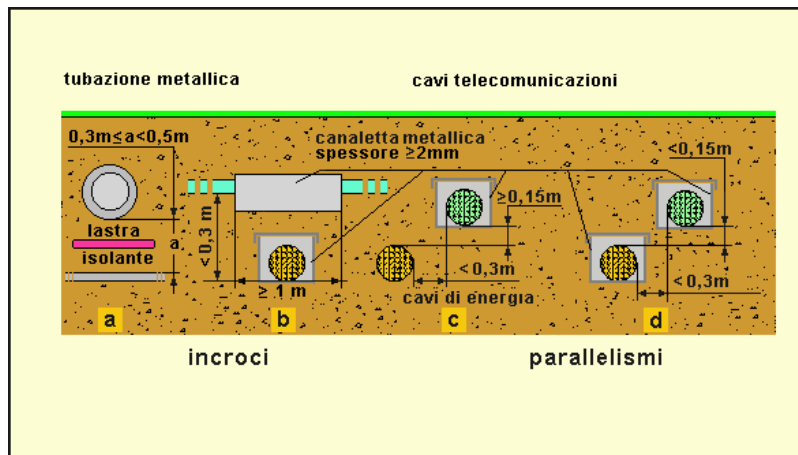
10.4. Distanze di rispetto

Un cavo di energia posato in vicinanza di altri cavi, tubazioni metalliche serbatoi e cisterne di carburante deve rispondere a prescrizioni particolari ed essere installato rispettando distanze minime. Negli incroci con cavi interrati per telecomunicazioni la distanza di rispetto non deve essere inferiore a 0,3 m e il cavo di segnale deve essere protetto per una lunghezza di almeno 1m mediante una canaletta, un tubo o una cassetta metallica avente uno spessore di almeno 1 mm. Non potendo, per validi motivi, rispettare questa distanza minima, occorre proteggere con gli stessi criteri anche il cavo di energia. Se il cavo è sfilabile, perché posato entro una tubazione di protezione che rende possibile un'eventuale sostituzione, non è necessario seguire le prescrizioni sopraindicate (Norme CEI 11-17). La distanza minima di 0,3 m deve essere rispettata anche nei parallelismi tra i cavi di energia e di telecomunicazione.

Quando le distanze minime non possono essere rispettate occorre proteggere il cavo di telecomunicazione con un tubo o una cassetta metallici e se la distanza risulta inferiore a 0,15 m si rende necessaria una protezione supplementare anche per il cavo di energia. Negli incroci con tubazioni metalliche i cavi di energia devono essere posti ad una distanza minima di 0,5 m. che può essere ridotta a 0,3 m se il cavo o il tubo metallico sono contenuti in un involucro non metallico. La protezione può essere ottenuta per mezzo di calcestruzzo leggermente armato oppure di elemento separatore non metallico come ad esempio una lastra di calcestruzzo o di altro materiale rigido.

In presenza di connessioni su cavi direttamente interrati le tubazioni metalliche devono distare almeno un metro dal punto di incrocio oppure devono essere adottate le protezioni supplementari sopraindicate. Nei parallelismi i cavi di energia e le tubazioni metalliche devono essere distanti fra loro non meno di 0,30 m. Si può derogare a tali prescrizioni, previo accordo fra gli esercenti gli impianti, se la differenza di quota fra cavo e tubazione è superiore a 0,5 m o se viene interposto fra gli stessi un elemento separatore non metallico.

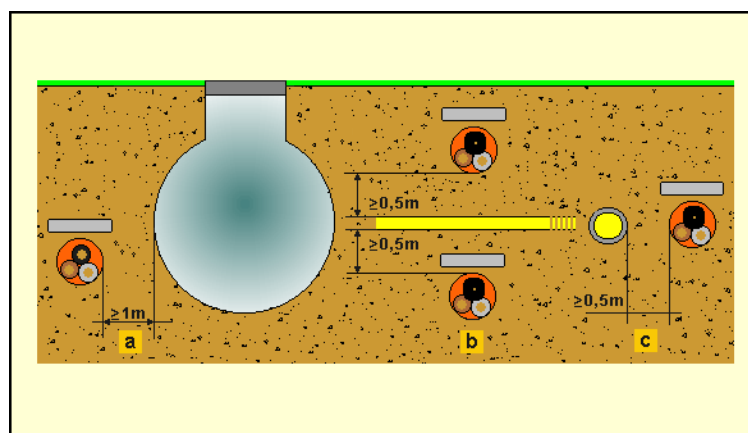




Se le distanze minime non possono essere rispettate si devono adottare opportune protezioni supplementari

In presenza di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili occorre adottare distanze di sicurezza non inferiori a 1 metro dalla superficie esterna del serbatoio stesso. Le medesime prescrizioni, indicate per le tubazioni metalliche, si applicano anche alle tubazioni di gasdotti interrati: sia negli incroci sia nei parallelismi le distanze di rispetto non devono essere inferiori a 0,5 m.

Le distanze di sicurezza con i cavi di energia che sono posati in tubo o condotto in presenza di tubazioni per il trasferimento di fluidi infiammabili sono fissate dal DM 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" e dovranno di volta in volta essere concordate con gli enti distributori del gas. Nella progettazione delle linee elettriche in cavo è comunque buona norma non prevedere la coesistenza nei cunicoli di conduttori elettrici e altre condotte onde evitare che, durante le normali operazioni di manutenzione, possano verificarsi incidenti agli addetti ai lavori



I cavi di energia devono essere posati ad una distanza minima di 1 m rispetto la superficie più esterna di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili (a) e sia negli incroci (b) sia nei parallelismi (c) devono essere distanziati almeno 0,5 metri dalle condutture del gas

10.5. Portata delle condutture interrate

La portata IZ di un cavo con una determinata sezione e isolante è notevolmente influenzata dalle condizioni di installazione. Nella posa interrata la portata può variare in funzione della profondità di posa, della resistività e della temperatura del terreno. Aumentando la profondità di posa, con temperatura del terreno invariata, la portata di un cavo si riduce. Questo si spiega perché aumentando la profondità di interramento, maggiore diventa lo spessore di terreno che il calore, prodotto per effetto joule dal cavo, deve superare per giungere alla superficie.

La portata dipende però anche dalla resistività e dalla temperatura del terreno che aumentano verso la superficie, soprattutto nei periodi estivi, vanificando in tal modo i benefici che si possono ottenere a profondità di posa minori (un buon compromesso sembra essere una profondità di posa variabile tra 0,5 m e 0,8 m). La portata di un cavo interrato diminuisce anche in caso di promiscuità con altre condutture elettriche e l'influenza termica tra i cavi aumenta sensibilmente se sono posati in terra piuttosto che in aria (solo se i cavi interrati sono posati a distanze superiori ad un metro la mutua influenza si riduce).

Per il calcolo della portata ci si riferisce alla tabella CEI UNEL 35026 fasc. 5777 "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1550 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata".

$$I_z = I_0 \times K1 \times K2 \times K3 \times K4$$

Dove:

I_0 = portata per posa interrata ad una temperatura di 20°C per cavi isolati in gomma o PVC multipolari o unipolari ad una profondità di posa di 0,8 m e resistività termica del terreno di 2 Km/W. Per la verità la tabella fornisce le portate riferite ad una resistività di 1,5 Km/W ma per comodità del lettore le portate sono state ricalcolate ad una resistività di 2 Km/W. La resistività del terreno, infatti, non è sempre di facile valutazione e le norme, quando tale valore non è noto, consigliano di utilizzare appunto un valore di 2 Km/W.

K1 = fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C

K2 = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano

K3 = fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0,8 m

K4 = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 2 Km/W.

Tanto più elevata è la resistività termica del terreno tanto maggiore diventa la difficoltà del cavo a smaltire il calore attraverso gli strati del terreno. La resistività termica varia a seconda del tipo di terreno e del suo grado di umidità.

Nel caso di cavi direttamente interrati la norma consente di aumentare la portata del 15% rispetto a quella di cavi posati in tubo protettivo. Un cavo posato direttamente nel terreno disperde infatti meglio di un cavo infilato in un tubo nel quale l'intercapedine d'aria che si forma attorno al cavo funge da isolante termico aumentando in tal modo la difficoltà di dispersione del calore prodotto dal cavo stesso.

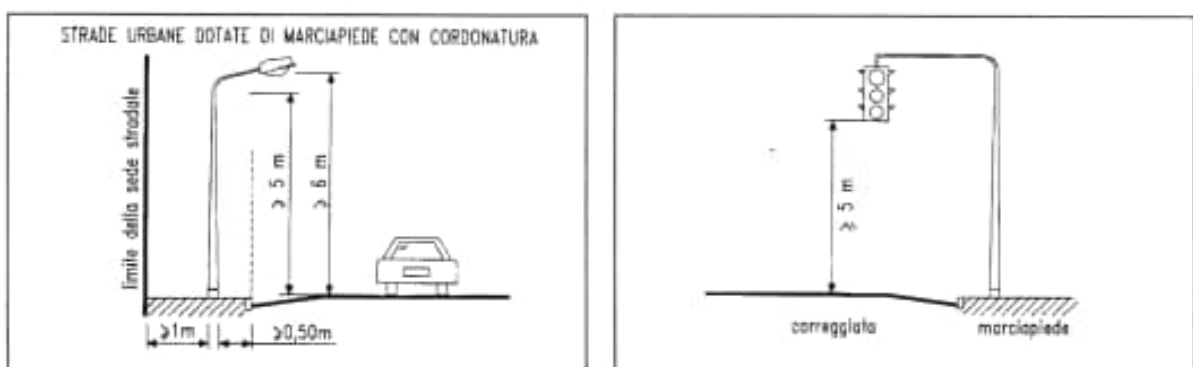
11. DISTANZE RISPETTO LINEE AEREE

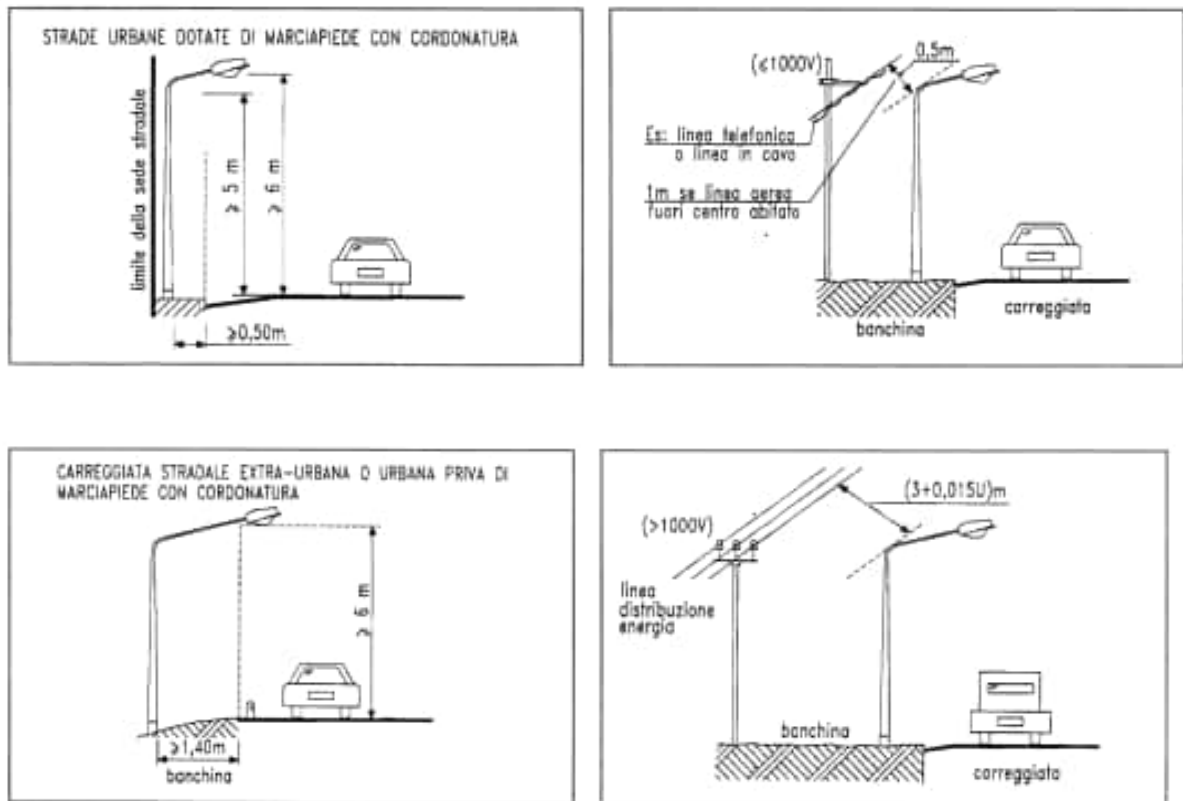
Sulle strade urbane i sostegni degli apparecchi di illuminazione devono essere ubicati ad una distanza di 0,5 m dalla cordatura del marciapiede; con almeno 1 m. tra il palo ed il limite della sede stradale. Tale distanza deve essere almeno 1,5 m. se il marciapiede è adibito al collegamento pedonale tra gli accessi principali di edifici pubblici, a carattere collettivo e sociale, e la rete viaria esterna o un'area di parcheggio.

Per i marciapiedi di larghezza insufficiente, il sostegno va installato al limite della sede centrale. Nelle strade extra urbane ed in quelle urbane prive di marciapiedi con cordatura, la distanza dal limite della carreggiata non deve essere inferiore a 1,4 m, distanze maggiori possono essere adottate qualora la banchina sia adibita anche alla sosta dei veicoli.

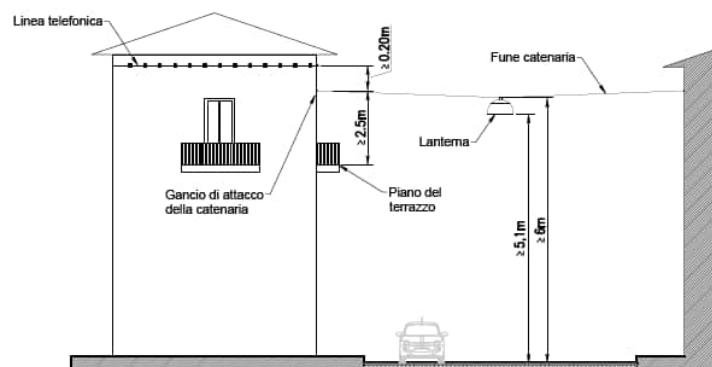
L'altezza minima sulla carreggiata dell'apparecchio di illuminazione non deve essere inferiore a 6m. altezze inferiori, fino ad un minimo di 5 m. sono ammesse esclusivamente per le lanterne semaforiche.

La distanza di rispetto tra sostegni dell'illuminazione pubblica e i conduttori delle linee elettriche aeree a tensione inferiore a 1000V deve essere almeno 1 mt; tale valore è ridotto a 0,5 mt. nel caso di conduttori in cavo nei centri abitati. Per tensioni superiori 1000V, la distanza di rispetto deve essere almeno pari a $(3+0.015U)$ m, in cui U è la tensione di esercizio della linea espressa in kilovolt.





La distanza dei ganci di ancoraggio a parete delle catenarie per corpi illuminanti sospesi rispetto a linee telefoniche dev'essere di almeno 20cm



DERIVAZIONE DA DORSALI ESISTENTI

L'esecuzione delle derivazioni di dorsali esistenti in cavo tipo FG16OR16 distribuzioni monofasi e/o trifasi a seconda delle condizioni di impiego, ove necessario, da eseguirsi a base palo, all'interno del pozzetto di derivazione. Le giunzioni saranno eseguite con nastro vulcanizzante anticorrosivi tipo della 3M Scotch Nastro 23 o equivalenti, nastro isolante auto agglomerante a base di EPR, con separatore, conformabili a qualsiasi contorno formando una massa omogenea e compatta, resistere all'effetto corona ed agli agenti ossidanti che ne derivano (ozono).

CABLAGGIO DELLE ARMATURE

Tutte le armature saranno in classe 1 (richiedono la messa a terra) così come il cablaggio fino alla morsetteria alla base del palo realizzato in cavo multipolare FG16OR16 3x2,5.

CORPI ILLUMINANTI

Tutti gli apparecchi di illuminazione devono avere il grado di protezione interno minimo:

apparecchi per illuminazione stradale

“aperti” (senza coppa o rifrattore)

vano ottico = IP X 3

vano ausiliari = IP23

“chiusi” (con coppa o rifrattore)

vano ottico = IP54

vano ausiliari = IP23

proiettori su torri faro o parete comunque verso il basso IP65

proiettori sommersi = IP68

Gli apparecchi dovranno altresì essere realizzati in Classe I ed essere rispondenti all'insieme delle norme:

CEI 34-21 fascicolo n. 1034 Novembre 1987 e relative varianti

CEI 34-30 fascicolo n. 773 Luglio 1986 e relative varianti” proiettori per illuminazione”

CEI 34-33 fascicolo n. 803 Dicembre 1986 e relative varianti” apparecchi per illuminazione stradale”

In ottemperanza alla norma CEI 34-21 i componenti degli apparecchi di illuminazione dovranno essere cablati a cura del costruttore degli stessi, i quali pertanto dovranno essere forniti e dotati completi di lampade ed ausiliari elettrici rifasati. Detti componenti dovranno essere conformi alle norme CEI di riferimento.

Gli apparecchi di illuminazione per esterni avranno ottica stradale a luce diretta, con sorgenti luminose con LED di potenza. I moduli LED dovranno essere rimovibili e sostituibili per manutenzione o aggiornamento.

L'Unità elettrica ed ogni modulo LED saranno equipaggiati con connettori rapidi a presa e spina ad aggancio rapido.

Il vano contenente l'alimentazione elettrica dovrà essere realizzato in pressofusione d'alluminio ed essere accessibile senza l'uso di attrezzi (toolfree).

Protezione elettrica (Classe I) Grado di protezione maggiore o uguale a IP65.

Il sistema di fissaggio dovrà essere in grado di garantire la possibilità di montaggio a testa palo, ed a sbraccio e la possibilità di regolazione tramite scala graduata dell'inclinazione.

Temperatura di colore della Lampada da 3000 a 4000K.

Conformità alla norma CEI 34-21 EN 60598-1.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno altresì soddisfare i requisiti richiesti dalla L.R. n. 15 del 18 giugno 2007 del Friuli Venezia Giulia, e s.m.i..

In particolare i corpi illuminanti posti in opera dovranno avere un'emissione nell'emisfero superiore (cioè con $\gamma \geq 90^\circ$) non superiore allo 0 % del flusso totale emesso.

Apparecchi di illuminazione con valori superiori di emissione verso l'alto sino al massimo del tre per cento del flusso luminoso totale emesso, potranno, previa preventiva autorizzazione ed a seguito di reali necessità impiantistiche, essere installati.

Udine, settembre 2025

Il tecnico

dott. ing. Cristiano Roselli della Rovere