

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP	G21B1 30006 60005
WBS	B25.A31N.L1
COMMESSA	J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

RESPONSABILE DELL'INTERMEDIAZIONE
TRA LE PARTI INTERESSATE SPECIALISTICHE:
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renzo



PROGETTAZIONE:
ITALCONSULT



ELABORATO: IMPIANTI
RELAZIONI
IMPIANTI ELETTRICI
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA IMPIANTI DI GALLERIA E DI SVINCOLO

Progressivo Rev.
12 01 02 002 02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA: -
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	NOME FILE: J16L1_12_01_02_002_0101_OPD_02.doc
01	GIUGNO 2017	REVISIONE PER VERIFICA	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	CM. PROGR. FG. LIV. REV.
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	ITALCONSULT - CUGINI	A. MIOSI	G. MONDELLO	J16L1_12_01_02_002_0101_OPD_02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE ILLUMINOTECNICA IMPIANTI DI GALLERIA E DI SVINCOLO

I N D I C E

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE DI GALLERIA	8
3.1	PREMESSA	8
3.2	FINALITÀ DELL’IMPIANTO D’ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA	9
3.3	OBIETTIVO DEL PROGETTO DI ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA	11
3.4	ZONE E RELATIVI PROBLEMI DI VISUALE	12
3.4.1	<i>Zona di accesso</i>	13
3.4.2	<i>Zona di soglia</i>	13
3.4.3	<i>Zona di transizione</i>	13
3.4.4	<i>Zona interna</i>	13
3.4.5	<i>Zona di uscita</i>	14
3.5	ILLUMINAZIONE NOTTURNA	14
3.6	ILLUMINAZIONE NELLE ORE DIURNE	15
3.7	PREVENZIONE DEL FLICKER	15
3.8	CRITERI DI DETERMINAZIONE DELLE LUMINANZE DI VELO	16
3.8.1	<i>Determinazione delle luminanze stradali</i>	16
3.8.2	<i>Prescrizioni della UNI 11095/2011</i>	20
3.8.3	<i>Impianti controflusso</i>	21
3.8.4	<i>Luminanza stradale per l’illuminazione permanente</i>	21
4	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI GALLERIA	22
4.1	ILLUMINAZIONE DI RINFORZO	22
4.2	ILLUMINAZIONE PERMANENTE GALLERIA	25
5	REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA	27
5.1	PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE	27
5.2	CONSIDERAZIONI GENERALI SULLE NORME UNI EN 11248	27
5.3	CAMPO DI APPLICAZIONE	28
5.4	INFORMAZIONI PER LA DEFINIZIONE DEGLI IMPIANTI	29
5.4.1	<i>Zone di studio</i>	29
5.4.2	<i>Categorie illuminotecniche</i>	29
5.4.3	<i>Tipi di impianto</i>	30
5.4.4	<i>Funzionalità</i>	30
5.4.5	<i>Sovradimensionamento dell’impianto</i>	30

5.5	CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE	31
5.6	CRITERI DI SUDDIVISIONE DELLE ZONE DI STUDIO	32
5.6.1	<i>Premessa</i>	32
5.6.2	<i>Strade a traffico veicolare</i>	32
5.6.3	<i>Strade di classe F</i>	32
5.6.4	<i>Piste ciclabili e strade ove gli utenti principali sono i pedoni (velocità della marcia a piedi)</i>	32
5.6.5	<i>Zone di conflitto</i>	33
5.6.6	<i>Presenza di rallentatori di velocità</i>	33
5.6.7	<i>Presenza di attraversamenti pedonali</i>	33
5.7	CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE ED INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO PER L’ANALISI DEI RISCHI	33
5.7.1	<i>Classificazione delle strade</i>	33
5.7.2	<i>Categoria illuminotecnica di ingresso</i>	34
5.7.3	<i>Classificazione delle strade ai fini illuminotecnici</i>	35
5.7.4	<i>Requisiti per il traffico motorizzato</i>	36
5.7.5	<i>Requisiti per le zone di conflitto</i>	37
5.7.6	<i>Requisiti per pedoni e ciclisti</i>	38
5.8	ANALISI DEI RISCHI	39
5.8.1	<i>Premessa</i>	39
5.8.2	<i>Analisi</i>	39
5.8.3	<i>Parametri di influenza</i>	39
5.8.4	<i>Metodologia operativa</i>	41
5.8.5	<i>Sintesi conclusiva fasi di progettazione illuminotecnica</i>	44
5.8.6	<i>Classificazione della viabilità</i>	44
5.9	ALIMENTATORI APPARECCHI A “FLUSSO COSTANTE”	48
5.10	PRESCRIZIONI IMPIANTISTICHE	48
5.11	CARATTERISTICHE GENERALI DI UNA BUONA ILLUMINAZIONE	49
5.11.1	<i>Controllo dell’abbagliamento debilitante:</i>	49
5.11.2	<i>Apparecchi di illuminazione isolati</i>	50
5.11.3	<i>Resa del colore</i>	50
5.11.4	<i>Gestione in condizioni atmosferiche buone</i>	50
5.11.5	<i>Gestione in condizioni atmosferiche avverse</i>	50
5.11.6	<i>Guida visiva</i>	51
5.11.7	<i>Categorie illuminotecniche comparabili tra zone contigue e tra zone adiacenti</i>	51
5.12	VISIONE NELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE	52
5.13	ILLUMINAZIONE PUBBLICA AL SERVIZIO DEL PEDONE	53
5.14	LIMITAZIONE DELLA DISPERSIONE VERSO L’ALTO DEL FLUSSO LUMINOSO	54

5.15	PRINCIPALI PRESCRIZIONI DERIVANTI DALLA L.R. VENETO 7 AGOSTO 2009, N. 17	54
5.16	TELECONTROLLO DEI PUNTI LUCE	56
5.16.1	<i>Premessa</i>	56
5.16.2	<i>Monitoraggi e comandi utilizzabili nel sistema a led</i>	58
5.16.3	<i>Monitoraggio funzionamento e guasti proiettori LED</i>	58
5.16.4	<i>Monitoraggio proiettori LED spenti</i>	59
5.16.5	<i>Monitoraggio manuale del singolo proiettore</i>	60
5.16.6	<i>Comandi broadcast manuali</i>	60
5.16.7	<i>Cicli di riduzione per singolo proiettore</i>	61
5.16.8	<i>Scenografie</i>	61
5.16.9	<i>Funzioni e peculiarita' del sistema</i>	62
5.16.10	<i>Monitoraggio dei parametri lampade LED e generazione anomalie</i>	62
5.16.11	<i>Rilievo dello stato del proiettore (acceso / spento)</i>	64
5.16.12	<i>Gestione dei gruppi di proiettori</i>	65
5.16.13	<i>Utilizzo delle scenografie centralizzate</i>	67
5.16.14	<i>Attività di messa a punto</i>	68
5.17	SPECIFICHE TECNICHE DEI MATERIALI E DELLA LORO POSA IN OPERA	69
5.17.1	<i>Tubi protettivi</i>	69
5.17.2	<i>Cavi e conduttori</i>	70
5.17.3	<i>Apparecchi illuminanti viabilità esterna</i>	71
5.17.4	<i>Apparecchi illuminanti gallerie</i>	72
5.17.5	<i>Blocchi di fondazione e pozzetti di derivazione</i>	79
5.17.6	<i>Palificazioni</i>	79
5.17.7	<i>Impianti di segnalazione luminosa antinebbia</i>	80
6	CALCOLI ILLUMINOTECNICI	82

1 PREMESSA

La presente Relazione tecnica ha per oggetto la descrizione del dimensionamento degli impianti di illuminazione delle seguenti opere:

Gallerie

- Galleria S. Agata 1;
- Galleria S. Agata 2;
- Galleria Cogollo;
- Galleria Pedescala;
- Galleria S. Pietro;

Svincoli

- Svincolo Piovene;
- Svincolo Cogollo del Cengio;
- Svincolo Pedemonte.

nell’ambito dell’Autostrada A 31 Nord Trento Rovigo – Tronco Trento - Valdastico – Piovene Rocchette.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- DM 14-09-2005 Norme di illuminazione delle gallerie stradali;
- Norma UNI 11095/2011/2011 Illuminazione gallerie;
- Norma UNI 11248/2016 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- Norma CEI 64-8/714 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Sezione 714: Impianti di illuminazione situati all'esterno;
- Norma UNI 10819 Luce e illuminazione. Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
- Norma EN 13201 Illuminazione stradale;
- Norma UNI EN 13201-2 Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali;
- Norma UNI EN 13201-3 Illuminazione stradale – Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- Norma UNI EN 13201-4 Illuminazione stradale – Parte 4: metodo di misura delle prestazioni fotometriche;
- Norma UNI EN 13201-5 Illuminazione stradale – Parte 5: indicatori delle prestazioni energetiche;
- UNI 11431 Luce e illuminazione - Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso;
- UNI11630 Luce e illuminazione - Criteri per la stesura del progetto illuminotecnica;
- UNI EN 12665 Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici;
- Norma EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places;
- Legge n° 168 del 01.03.1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici;
- Raccomandazioni CIE;
- D.Lgs 264/2006 – Attuazione della DIRETTIVA 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete Transeuropea;
- Linee Guida ANAS 2009;
- Raccomandazioni del PIARC (Permanent International Association of Road Congresses) “Tunnel lighting”, pubblicazione CIE 88, 2004;
- Norma UNI 13005 Guida all'espressione delle incertezze di misura;

- Norma UNI CEN ISO 14253-1 Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Verifica mediante misurazioni dei pezzi e delle apparecchiature per misurazioni – Regole decisionali per provare la conformità o la non conformità rispetto alle specifiche;
- D.G.R.L. n. 7/6162 del 20 settembre 2001 Criteri di applicazione della L.R. 27 marzo 2000 n. 17;
- Legge Regione Veneto del 7 agosto 2009, n. 17 "NUOVE NORME PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO, IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'ILLUMINAZIONE PER ESTERNI E PER LA TUTELA DELL'AMBIENTE E DELL'ATTIVITÀ SVOLTA DAGLI OSSERVATORI ASTRONOMICI".

3 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE DI GALLERIA

3.1 PREMESSA

Le gravissime conseguenze degli incidenti verificatisi nei trafori del Monte Bianco e nella Galleria Tauri, hanno evidenziato la necessità di intervenire per aumentare la sicurezza della circolazione dei veicoli all'interno delle gallerie stradali.

A tal proposito era stata istituita dal Ministero dei Lavori Pubblici una apposita commissione per l'emanazione di una normativa globale riguardante l'insieme dei servizi operativi e di emergenza per la sicurezza in galleria.

In attesa della conclusione di tale commissione sono state emesse alcune circolari ed impartite le prime direttive, che hanno lo scopo di equipaggiare tali gallerie in base a principi e criteri unitari, conseguendo, in tal modo, da una parte una standardizzazione di maggior sicurezza, dall'altra un preciso riferimento alle utenze.

Sarà comunque necessaria, in ogni caso specifico, una adeguata progettazione di dettaglio, data l'enorme diversità tra le singole gallerie presenti sul territorio italiano e tenuto conto che la maggior parte di esse non è presidiata e sono ad unica fornice con traffico bidirezionale e sono percorribili da tutti i mezzi che transitano sulle strade pubbliche senza particolari limitazioni e controlli.

Dopo l'emissione di una serie di circolari è stata approvata un'efficace linea guida da parte dell'ANAS a cui si dovrà attenere per la realizzazione di impianti sicuri in galleria.

In tutti i documenti è stato considerato che il primo elemento di rischio della circolazione degli autoveicoli all'interno delle gallerie stradali è rappresentato dalla scarsa visibilità e invita gli Enti proprietari o concessionari a rispettare la normativa vigente.

L'obiettivo dell'illuminamento dei tunnel è di assicurare che il traffico possa avvicinarsi, attraversare e lasciare il tunnel alla velocità stabilita, di giorno e di notte, con un grado di sicurezza e di confort non inferiore a quello dei tratti adiacenti di strada aperta.

Ciò si ottiene quando sono disponibili sufficienti informazioni sull'andamento della strada davanti a sé e sulla presenza di ostacoli, inclusi altri veicoli e loro spostamenti, e quando i conducenti, per ciò che concerne la scena visuale, la stessa sensazione di fiducia che nei tratti adiacenti di strada aperta.

Questo senso di sicurezza deve essere mantenuto dai guidatori che si accingono all'imbocco del tunnel, altrimenti essi potrebbero rallentare improvvisamente, creando situazioni pericolose.

Le caratteristiche fotometriche considerate importanti in un impianto di illuminazione sono:

- il livello di luminanza sulla strada e sulle pareti inferiori dei muri

- l’uniformità della distribuzione della luminanza sulla strada
- il controllo dell’abbagliamento
- la prevenzione dell’effetto flicker.

I livelli di luminanza raccomandati dalla Guida CIE 88/90 e delle Norme tecniche UNI 11905 (anno 2003) devono essere considerati come minimi. Per ottenere valori ridotti rispetto a quelli dichiarati, bisogna tenere conto di un fattore di mantenimento appropriato per le costanti prevalenti.

L’applicazione delle raccomandazioni fornite da detta guida renderà possibile realizzare impianti che soddisfano sostanzialmente i loro scopi fondamentali in tutte le situazioni pratiche (considerando il DM 14-09-2005 e la Norma UNI 11905).

Il ruolo dell’illuminazione dei tunnel è di ridurre o eliminare la differenza fra i livelli di adattamento visivo necessari per vedere i dettagli della strada dentro e fuori dal tunnel.

L’illuminazione delle gallerie è più critica durante le ore diurne, poiché il sistema di visione umano non può cogliere contemporaneamente i dettagli spaziali sotto livelli di illuminazione così diversi come l’esterno illuminato ed il tunnel buio.

Sebbene il sistema visivo si possa adattare a grandi decrementi di illuminazione, come quelli incontrati passando dalla luce del giorno al buio del tunnel, il processo richiede tuttavia un tempo variabile a seconda dell’entità della diminuzione.

Maggiore è la differenza di illuminamento e più lungo sarà il tempo richiesto per l’adattamento; ciò significa che, ad una data velocità, maggiore è la differenza fra l’illuminazione esterna ed interna al tunnel e più grande sarà la distanza per la quale il sistema visivo del conducente sarà in stato di ridotta sensibilità.

3.2 FINALITÀ DELL’IMPIANTO D’ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA

Il progetto di un impianto d’illuminazione di gallerie stradali, come in genere di attraversamenti di ambienti sotterranei con veicoli a motore, si propone di assicurare l’accesso, l’attraversamento e l’uscita alla velocità consentita, con grado di sicurezza e di comfort, equivalente a quello riscontrabile nei percorsi a cielo aperto dei tratti di strada adiacenti.

L’impianto d’illuminazione deve, di giorno e di notte, garantire che la galleria non costituisca un’area a rischio a causa della riduzione della capacità visiva degli utenti, altrimenti essi potrebbero, con istintiva reazione, rallentare improvvisamente creando situazioni di pericolo.

L’impianto d’illuminazione dovrà pertanto assicurare all’utente l’abituale senso di sicurezza e familiarità come appare nei percorsi a cielo aperto.

Occorre tener presente, infatti, che le condizioni di guida in galleria sono influenzate in qualche misura dall’ambiente chiuso e, durante le ore diurne, inevitabilmente assai meno luminose dell’esterno, il conducente di un autoveicolo viene improvvisamente a trovarsi.

Nel caso ad esempio di una sosta d’emergenza, lo spazio disponibile e la possibilità di essere visto dagli altri conducenti che transitano nella stessa corsia sono più limitati che non all’esterno.

Poiché non è tecnicamente ed economicamente possibile realizzare in galleria un’illuminazione pari a quella esistente all’esterno, occorre individuare i livelli d’illuminazione minimi indispensabili per dotare ogni tratto di galleria le sopradette condizioni di sicurezza e fluidità del traffico.

I problemi da affrontare per un razionale impianto d’illuminazione in una galleria si possono individuare in:

- realizzare un livello di luminanza nel tratto iniziale delle gallerie (tratto di adattamento o di soglia) e per quale lunghezza, affinché il guidatore che si trova all’esterno possa percepire la presenza di eventuali ostacoli all’interno della stessa, ad una distanza utile per poter governare di conseguenza il suo veicolo;
- ridurre il livello iniziale di luminanza successivamente al primo tratto di galleria, in modo da consentire il graduale adattamento dell’occhio al passaggio dall’elevata luminanza esterna a quella interna necessariamente più modesta;
- il livello di luminanza da adottare nel tratto finale della galleria, allorché si è ottenuto l’adattamento dell’occhio ai bassi livelli di luminanza dell’illuminazione artificiale.

La difficoltà maggiore è quella concernente l’illuminazione del tratto iniziale di galleria, per potervi accedere in tutta sicurezza durante il giorno.

Dal momento in cui il guidatore di un automezzo si trova, all’esterno della galleria, ad una distanza dall’imbocco pari alla distanza di arresto del suo veicolo, lo spazio necessario per l’arresto del veicolo stesso finisce quando viene in corrispondenza dell’imbocco.

Per poter mettere il guidatore in condizioni di sicurezza all’interno della galleria in base all’andamento della strada o la presenza (o l’assenza) di eventuali ostacoli, occorre che l’interno della galleria sia sufficientemente “luminosa” in rapporto alla luminosità esterna.

Se la luminosità interna è eccessivamente inferiore a quella esterna, l’interno apparirà al guidatore come un “buco nero” entro il quale non è possibile percepire alcun dettaglio.

3.3 OBIETTIVO DEL PROGETTO DI ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA

L’obiettivo di chi è chiamato a sviluppare il progetto di illuminazione di una galleria stradale è consentire l’ingresso, la percorrenza e l’uscita dalla galleria ad una velocità e grado di sicurezza equivalenti a quanto avviene lungo il resto della rete viaria a cielo aperto.

Si deve cioè fare in modo che la galleria non costituisca un’area di rischio a causa della riduzione delle capacità visive dei conducenti al diminuire delle condizioni di luminosità ambientali.

Il progetto di illuminazione deve garantire l’abituale senso di sicurezza alla guida evitando rallentamenti (indotti dalla scarsa visibilità) dalle conseguenze pericolose per tutto il traffico veicolare.

Occorre pertanto illuminare con molta cura il tratto iniziale della galleria per consentire al guidatore con medie capacità visive la percezione di ostacoli di qualsiasi genere ed a una distanza tale da permettere l’arresto del veicolo o una riduzione della sua velocità.

Successivamente la luminanza della carreggiata e delle pareti della galleria possono decrescere nella misura in cui l’occhio gradualmente si adatta ai livelli più bassi di luminosità.

L’impianto di illuminazione della galleria sarà asservito ad un sistema di telecontrollo atto alla regolazione ed al controllo dei corpi illuminanti, al fine di mantenere la luminanza all’interno della galleria entro un determinato rapporto con la luminanza esterna dovuta alla luce naturale e nel contempo per controllare e gestire il corretto funzionamento degli apparecchi installati.

Il sistema sarà composto da un sensore di luminanza esterno al tunnel, un sistema di regolazione ad onde convogliate che, sulla base dei dati rilevati dal sensore agisce sul variatore e sugli organi di attuazione presenti nel Quadro Elettrico, secondo algoritmi in essi residenti.

Per ragioni essenzialmente legate alla sicurezza, ai risparmi energetici e all’incremento della durata di vita delle lampade, si agisce sulla tensione di alimentazione di 230V, aumentandola del 10% o riducendola del 50% tale valore, passando rispettivamente dalla luminanza esterna caratterizzata dalla presenza di pieno ad una situazione di cielo coperto.

Durante la notte le zone di rinforzo, per l’illuminazione a pieno sole, verranno spente.

A parità di costi d’investimento, il nuovo sistema d’illuminazione dovrà fornire un risparmio energetico del 35% pur garantendo livelli di illuminamento e di uniformità medi (sicurezza) comunque elevati sul tratto di galleria, come riportato nella seguente tabella:

	Zona di	Zona interna
--	----------------	---------------------

	<i>rinforzo</i>	
U₀	0,92	0,76
U₁	0,76	0,68
U_t	0,77	0,80

dove:

- U₀ = è l’uniformità generale;
- U₁ = è l’uniformità longitudinale misurata a terra;
- U_t = è il rapporto tra i valori di luminanza minima e massima misurati nella corsia.

Risulta evidente il beneficio in termini di sicurezza di guida in virtù dell’aumento sostanziale ottenuto per valori di uniformità longitudinali U₁ responsabile di fenomeni di flicker ovvero l’effetto disturbante dovuto al periodico comparire e scomparire del campo visivo delle sorgenti luminose e dei relativi riflessi, nonché il corretto ed efficace rilevamento degli ostacoli lungo il percorso.

Come già accennato le caratteristiche fotometriche considerate importanti in un impianto d’illuminazione sono:

- il livello di luminanza sulla strada e sulle parti inferiori delle pareti;
- uniformità nella distribuzione della luminanza sulla strada;
- il controllo dell’abbagliamento;
- la prevenzione dell’effetto flicker.

I livelli di luminanza raccomandati sono considerati valori minimi e per non ottenere valori ridotti è stato necessario tenere conto di un fattore di mantenimento appropriato con le circostanze prevalenti.

3.4 ZONE E RELATIVI PROBLEMI DI VISUALE

Il ruolo dell’illuminazione del tunnel è ridurre o eliminare la differenza fra i livelli di adattamento visivo necessari per vedere i dettagli della strada e dentro al tunnel.

L’illuminazione della galleria, come è noto, è più critica durante le ore diurne poiché il sistema di visione umano non può cogliere contemporaneamente i dettagli spaziali sotto i livelli di illuminazione così diversi come l’esterno illuminato ed il tunnel buio.

Sebbene il sistema visivo si può adattare a grandi decrementi visivi, come quelli incontrati passando dalla luce del giorno al buio del tunnel, il processo richiede tuttavia un tempo variabile secondo l’entità della diminuzione. Maggiore è la differenza di illuminamento e più lungo sarà il tempo richiesto per l’adattamento.

Ciò significa che, ad una data velocità, maggiore è la differenza fra l’illuminazione interna ed esterna del tunnel, più grande sarà la distanza per la quale il sistema visivo del conducente sarà in stato di ridotta sensibilità.

La norma UNI 11095/2011 indicano cinque zone d’illuminazione lungo la sezione trasversale del tunnel.

3.4.1 Zona di accesso

La zona di accesso è il tratto di strada immediatamente precedente l’ingresso del tunnel, dove un guidatore deve essere in grado di vedere all’interno della galleria. Molti fattori penalizzano la visibilità della strada nel tunnel dalla posizione di zona di accesso. Questi includono un’illuminazione della zona di soglia insufficiente per consentire a chi si trova nella zona di accesso di vedere oggetti sulla strada all’interno; effetti di luccichii dovuti all’illuminamento atmosferico riducono il contrasto di oggetti sulla sede stradale sia dentro che fuori della galleria.

L’effetto “buco nero” si verifica quando i conducenti non sono sufficientemente sicuri che il loro percorso nel tunnel sia libero e per questo rallentano. Le condizioni più critiche si hanno quando un conducente non ha veicoli che lo precedano fornendogli una facile stima della visibilità.

3.4.2 Zona di soglia

La zona di soglia è il primo tratto del tunnel dopo l’entrata, tratto in cui l’illuminazione deve essere basata sulla percezione visiva di un guidatore in avvicinamento al tunnel e questa dipende dalla massima velocità stabilita per il traffico e dovrebbe essere uguale alla corrispondente distanza di arresto. Questo perché l’estremità interna della zona di soglia fornisce lo sfondo per cui il traffico che si appresta ad impegnare il tunnel deve individuare gli oggetti cisti dalla distanza di sicurezza.

3.4.3 Zona di transizione

La zona di transizione è il tratto che segue la zona di soglia. Nella zona di transizione il livello di illuminamento della zona di soglia è ridotto fino a quello della zona interna. Ciò deve avvenire gradualmente per dare ai guidatori il tempo di adattarsi sufficientemente ai livelli inferiori di illuminamento, ovvero per evitare gravi deficienze di adattamento con associate perdite di visibilità e confort. La lunghezza della zona di transizione dipende dalla massima velocità stabilita e dalla differenza tra i livelli di illuminazione alla fine della zona di soglia nella zona interna.

3.4.4 Zona interna

La zona interna è il tratto di tunnel che segue la zona di transizione. Generalmente l’illuminamento è tenuto costante per tutta la lunghezza della zona interna. A seconda della velocità dei veicoli, la graduale riduzione della luminanza nella zona di transito può non

consentire un completo adattamento ai livelli di illuminamento più bassi raggiunti nella zona interna. Dunque di giorno sono richiesti livelli di illuminazione sufficienti per una visibilità soddisfacente.

3.4.5 Zona di uscita

La zona di uscita è il tratto di tunnel in cui la visione dei conducenti è influenzata dalla luminosità. Nella zona di uscita la situazione della visibilità e del confort di giorno non è molto critica poiché gli oggetti risaltano in silhouette contro lo sfondo luminoso.

Tuttavia quando il traffico è intenso e le distanze fra i veicoli si riducono, l'intensità luminosa fuori dal tunnel rende difficile per i conducenti valutare le manovre di un'automobile che li precede, se è coperta dalla sagoma di un grande veicolo più avanti che scherma gran parte della luce esterna.

3.5 ILLUMINAZIONE NOTTURNA

Quando il tunnel è su una strada non illuminata di notte, è necessario raggiungere all'interno una luminanza media LAV di 1 cd/m^2 (circa 19,5 lux) una uniformità totale $L_{\min} / L_{\text{av}} = 0,4$ e una uniformità longitudinale $L_{\min} / L_{\max} = 0,6$ per ciascuna corsia.

La luminanza media sulla strada non dovrebbe essere minore di un terzo di quella in prossimità dell'uscita del tunnel.

Nelle strade a cielo aperto, anche nella notte più buia, esiste sempre un livello di luminosità sul sottofondo, vuoi per il chiarore delle stelle, vuoi per il riflesso di luci lontane da parte del pulviscolo atmosferico o delle gocce di pioggia.

In caso di guasto o d'incidente, l'automobilista ha sempre, almeno, la possibilità di orientarsi e di intravedere qualcosa. In galleria, al contrario il buio è totale e per l'utente in difficoltà, questa immersione nella completa oscurità, spesso traumatica ed improvvisa, può essere fonte di gravi problemi, psicologici e fisici, con effetti inimmaginabili, seppure di non facile quantificazione, che possono sfociare in ulteriori incidenti.

L'impianto di illuminazione della galleria dovrà permettere di avere, in permanenza, valore di luminanza durante le ore notturne anche di molto inferiore rispetto a quello delle ore diurne.

I valori di luminanza devono pertanto essere tali da evitare che, nelle ore notturne, l'utente che si appresta all'abbandono della galleria si trovi in presenza dello stesso fenomeno di cecità temporanea di cui soffre l'occhio umano entrando, di giorno, in pieno sole, nel fornice del tunnel. Infatti, anche in questo caso, l'uscita della galleria si presenta come il classico "buco nero".

3.6 ILLUMINAZIONE NELLE ORE DIURNE

Durante le ore diurne occorre illuminare, con criteri derivati dalla fisiologia di un occhio umano con medie capacità visive, il tratto iniziale della galleria (zona di soglia); ciò per consentire ad un conducente, la percezione di ostacoli di qualsiasi natura ad una distanza tale da permettere l’arresto del veicolo o una riduzione di velocità oppure una manovra atta ad evitare l’ostacolo.

In pieno giorno, infatti, l’occhio è adattato alle alte luminanza dell’esterno e l’ingresso nella galleria non illuminata adeguatamente, può apparire come un “buco nero” in cui non è possibile distinguere, in relazione ad una visione a distanza utile, un eventuale ostacolo.

Nelle zone dell’imbocco più interne (zone di transizione) l’illuminazione può assumere valori decrescenti, fino ad un valore minimo specificato, secondo un andamento che segua quello di adattamento dell’occhio ai tassi di valori decrescenti della luminanza.

Un ulteriore contributo alla sicurezza è dato dall’incremento, sempre durante le ore diurne, della luminanza del tratto che precede il fornice d’uscita (zona d’uscita) in quanto:

- l’abbagliamento provocato dalla luce naturale proveniente dal fornice d’uscita può occultare i piccoli veicoli, autoveicoli, motoveicoli, che marciano dietro i mezzi di dimensioni maggiori, come autocarri, autotreni ecc.
- l’illuminazione consente di vedere nello specchio retrovisore i veicoli alle spalle del conducente che è in procinto di lasciare la galleria.

3.7 PREVENZIONE DEL FLICKER

La sensazione di luccichio (flicker) si ha quando si attraversano variazioni spaziali periodiche della luminanza come quelle prodotte da finestrate nelle pareti delle gallerie o da lampade mal distanziate. Il disagio visivo dovuto all’effetto flicker dipende da:

- a) dal numero di variazioni di luminanza per secondo (frequenza di flicker);
- b) dalla durata della prova;
- c) dall’entità del passaggio dalla luce al buio per ogni ciclo;
- d) dal rapporto fra la luminanza massima (luce) e minima (buio).

a), b), e c) dipendono dalla velocità del veicolo e dalla spaziatura delle lampade, inoltre c) e d) dipendono anche dalle caratteristiche ottiche e dalla spaziatura dei corpi illuminanti.

In generale, l’effetto flicker è trascurabile a frequenze inferiori a 2,5 Hz e superiori a 15 Hz.

Quando la distanza tra la zona illuminata da una lampada e quella illuminata dalla successiva è inferiore alla lunghezza di questa zona illuminata, la sensazione di flicker può essere resa trascurabile, almeno con rispetto all’illuminazione artificiale.

Per calcolare la frequenza di flicker in un tratto di galleria, si divide la velocità in metri/secondo per la spaziatura fra i corpi illuminanti espressa in metri.

Per esempio:

- se la velocità è di 70 km/h = 19,4 m/s e lo spazio fra le lampade è 9 m,
- la frequenza di flicker è $19,4 : 9 = 2,16$ Hz

quindi secondo le Norme CEI 88/90 è trascurabile.

3.8 CRITERI DI DETERMINAZIONE DELLE LUMINANZE DI VELO

3.8.1 Determinazione delle luminanze stradali

La luminanza di velo è valutata mediante un laboratorio illuminotecnico mobile a varie distanze durante l'avvicinamento ai fornicci, in modo da poter determinare, in base alle formule indicate nella norma UNI 11095/2011/2011, la luminanza stradale necessaria e sufficiente per la percezione dell'ostacolo di riferimento, posto successivamente nelle sezioni della galleria situate alla distanza di riferimento dal conducente nella zona di accesso, mentre successivamente la percezione è garantita dall'andamento della luminanza stradale previsto dalla UNI 11095/2011/2011 nella zona di transizione.

In questo modo si realizzano gli obiettivi della UNI 11095/2011, minimizzando i consumi energetici per l'illuminazione di rinforzo delle gallerie: la figura 1 mostra l'andamento delle luminanze stradali calcolato per una galleria con i due metodi.

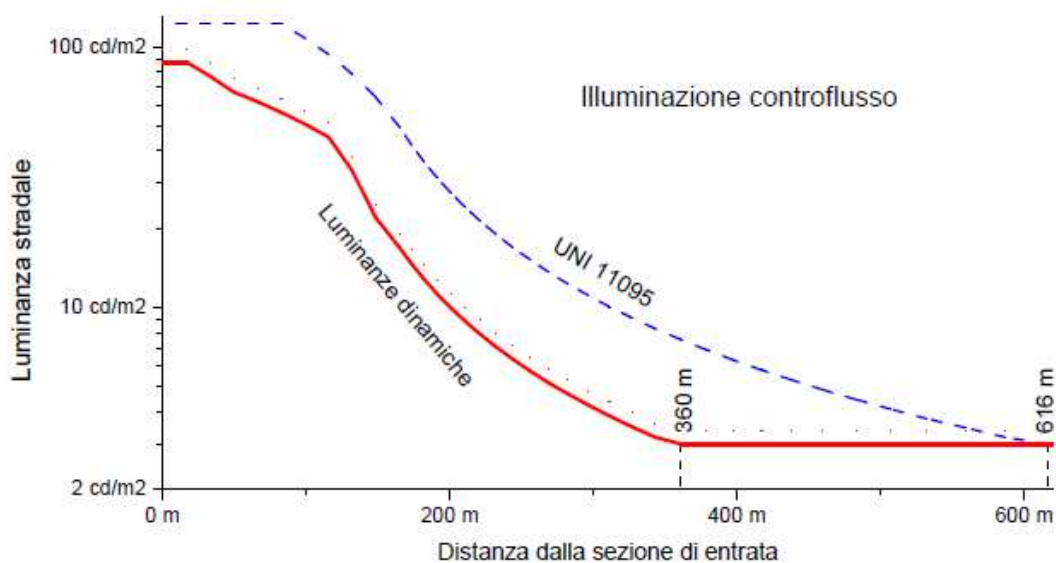


Figura 1 Confronto tra le luminanze stradali secondo le luminanze ambientali convenzionali della UNI 11095 e le misure dinamiche in loco

Per la determinazione della distanza di arresto, specifica di ciascun imbocco delle tre gallerie, è stata adottata la metodologia indicata nel Decreto 14 settembre 2005 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali", ottenendo un valore di 182 m.

Luminanza e lunghezza della zona di entrata

La visibilità dell'ostacolo di riferimento e condizione di sicurezza per l'entrata in galleria.

Tale condizione si ritiene soddisfatta se la luminanza media della carreggiata nella zona di entrata L_e è maggiore o uguale alla luminanza di soglia L_s della carreggiata.

Secondo la norma 11095/2011, la L_s può essere determinata mediante la formula seguente:

$$L_s = \frac{L_v}{6 * \left| \frac{\rho}{\pi * q_c} - 1 \right| - 1}$$

dove:

- L_s : luminanza di soglia;
- L_v : luminanza di velo;
- ρ : fattore di riflessione dell'ostacolo di riferimento, pari a 0,1;

- qc: coefficiente di qualita del contrasto pari a 0,6 per un impianto di illuminazione di tipo a controflusso.

La luminanza di velo L_v puo essere stimata in base a dati probabilistici, suddividendola nelle componenti indicate nella seguente formula:

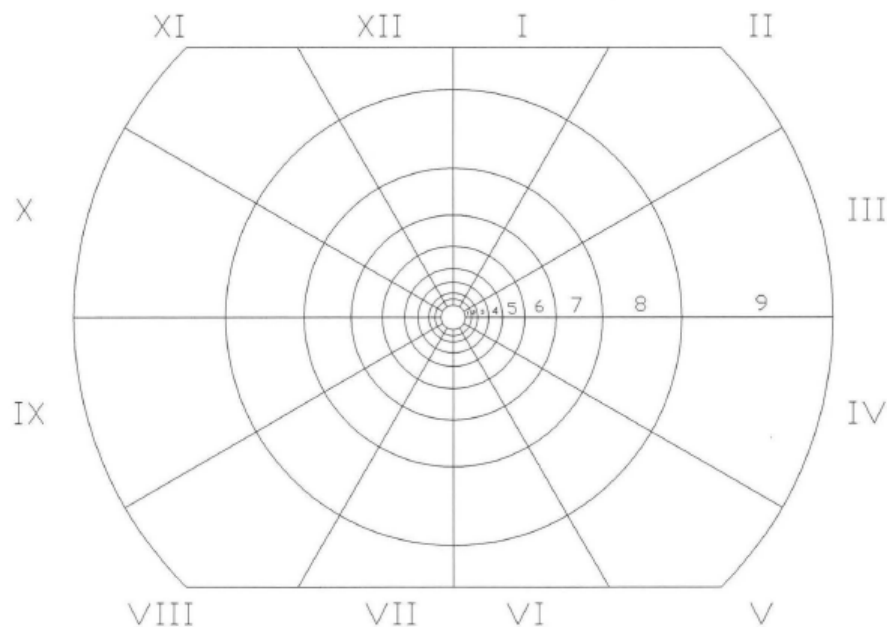
$$L_v = L_{seq} + L_{par} + L_{atm}$$

dove

- L_{seq} : luminanza di velo equivalente.
- L_{atm} : luminanza atmosferica.
- L_{par} : luminanza del parabrezza.

Determinazione della "Luminanza di velo equivalente"

Per il calcolo della L_{seq} "luminanza di velo equivalente" si utilizza il seguente diagramma polare.



Il diagramma è costituito da 9 anelli concentrici suddivisi in 12 settori. Il diagramma deve essere sovrapposto ad una fotografia (o ad un'immagine in mancanza di una fotografia) del

fornice di ingresso fatta ad una distanza maggiore della distanza di arresto e con un obiettivo che copra un angolo di visuale orizzontale maggiore di 60°.

Nella sovrapposizione il centro del diagramma deve coincidere con il punto nella sezione di ingresso posto sull'asse di mezzeria della galleria ad una quota di 1,5 m dal piano stradale.

Le luminanze medie delle superfici emittenti che interessano ciascuno dei 108 settori di cui è composto il diagramma hanno lo stesso peso sulla luminanza di velo equivalente che può quindi essere calcolata mediante la seguente formula:

$$L_{\text{seq}} = 0,51 * 10^{-3} * \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{12} L_{ij}$$

dove:

- L_{ij} è la luminanza della superficie emittente dell'i-esimo anello e del j-esimo settore del diagramma polare, ricavabile dalla seguente tabella:

Direzione di marcia	Luminanza [$\text{kcd}\cdot\text{m}^{-2}$]					
	Cielo	Strada	Rocce	Edifici	Neve	Prati
Verso Nord	8	3	3	8	15	2
Est-Ovest	12	4	2	6	10 (V) 15 (H)	2
Verso Sud	16	5	1	4	5 (V) 15 (H)	2

(V) Paesaggio montagnoso con superfici prevalentemente ripide, rivolte verso il conducente.

(H) Paesaggio pianeggiante. più o meno orizzontale.

Determinazione della "Luminanza atmosferica"

Per il calcolo della luminanza atmosferica si utilizza la formula indicata nella Norma UNI 11095/2011:

$$L_{\text{atm}} = 1,3 * \frac{d_a * Eh}{\pi * Vm}$$

dove:

- d_a : distanza di arresto, in metri;

- Eh: illuminamento orizzontale, in lux;
- Vm: distanza di visibilità meteorologica.

Utilizzando il dato riportato nel prospetto D.3 (latitudine 46°N = 55 klx) e nel prospetto D.4 (condizione atmosferica leggera foschia: Vm=10 km, in via cautelativa) della suddetta Norma UNI, relativo alle condizioni annue predominanti agli imbocchi, si ottiene:

$$L_{atm} = 387 \text{ cd/m}^2$$

Determinazione della "Luminanza del parabrezza"

La luminanza del parabrezza L_{par} può essere stimata in base alla luminanza di velo equivalente L_{seq} mediante la seguente formula:

$$L_{par} = 0,4 L_{seq}$$

Determinazione della "Luminanza di velo"

La luminanza di velo L_v è data dalla seguente formula:

$$L_v = L_{seq} + L_{atm} + L_{par}$$

Utilizzando la formula precedentemente riportata e prevedendo un tipo di illuminazione "controflusso" si può quindi determinare il valore della luminanza di soglia

$$L_s = 130 \text{ cd/m}^2$$

3.8.2 Prescrizioni della UNI 11095/2011

La tabella 2 confronta per sommi capi i testi 2003 e 2011 della UNI 11095/2011.

Tabella 2 – Illuminazione delle gallerie Confronto tra UNI 11095/2003 e UNI 11095/2011		
Prescrizione UNI 11059	2003	2011
Luminanze stradali rinforzo	-	Calcolo semplificato
Luminanza stradale penna.	3 cd/m ²	Co R _A ≥60: 2,25 cd/m ²
Luminanze delle pareti	≥60% della luminanza stradale	
Uniformità globale U ₀	≥0,4	≥0,50
Uniformità trasversale U _t	-	≥0,50
Uniformità longitudinale U _l	≥0,7	≥0,70
TI impianto di rinforzo	≤15%	≤20%
TI impianto permanente	≤10%	
Q0 asfalto consigliato	-	0,056 strad ⁻¹
Incertezze	-	Dati, misure, progetti
Calcoli	Illuminamenti e luminanze	solo luminanze
Misure fotometriche		

Da notare l'aumento dell'uniformità globale, la nuova uniformità trasversale, le incertezze su misure e progetti, il riferimento alla sola luminanza per il progetto.

3.8.3 Impianti controflusso

La revisione 2011 della UNI 11095/2011 riporta un calcolo semplificato della luminanza stradale nella sezione di entrata per i tre tipi di impianto: proflusso, simmetrico e controflusso. L'applicazione di questo metodo richiede una definizione dell'impianto controflusso come segue: "Un impianto di illuminazione caratterizzato da un coefficiente di qualità del contrasto qC , definito come il quoziente fra la luminanza della carreggiata L_s in un suo qualunque punto P e l'illuminamento verticale E_v al centro della faccia dell'ostacolo di riferimento più prossima al conducente quando l'ostacolo di riferimento sia ubicato nello stesso punto P , è non minore di $0,60 \text{ sr}^{-1}$. In caso contrario, l'impianto è considerato simmetrico o, con qC minore di $0,10 \text{ sr}^{-1}$, proflusso".

3.8.4 Luminanza stradale per l'illuminazione permanente

La luminanza stradale generata dall'impianto di illuminazione permanente in una galleria autostradale dovrebbe essere pari ad almeno 3 cd/m^2 . Tuttavia, con sorgenti di luce con indice di resa dei colori con $RA \geq 60$, si può scendere di una categoria illuminotecnica, portando il limite minimo a $2,25 \text{ cd/m}^2$, poiché in condizioni mesopiche, la percezione degli ostacoli periferici è la stessa.

Ne segue che la zona di transizione termina quando il diagramma della luminanza stradale arriva a 3 cd/m^2 ($3,40 \text{ cd/m}^2$ con le incertezze progettuali), scendendo a $2,25 \text{ cd/m}^2$ ($2,54 \text{ cd/m}^2$) con un gradino irrilevante ai fini della sicurezza, per quanto detto sopra. Ciò permette consistenti risparmi energetici.

Pertanto l'illuminazione permanente è stata calcolata per un valore di 3 cd/m^2 e grazie al regolatore di flusso potrà essere regolata anche a $2,25 \text{ cd/m}^2$.

4 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI GALLERIA

L’illuminazione delle gallerie sarà realizzata con corpi illuminanti con tecnologia a led con luce di colore bianca che consente un aumento sensibile del confort di marcia e una maggiore sicurezza dell’utenza stradale dovuto al colore bianco della luce, che permette all’occhio umano di percepire maggiormente gli ostacoli presenti in carreggia a causa dello spettro di colorazione della luce bianca stessa.

L’illuminazione delle piazzole di sosta sarà realizzata con la medesima tipologia degli apparecchi in galleria.

In considerazione di quanto precedentemente specificato, sono previsti i seguenti tipi di illuminazione:

4.1 ILLUMINAZIONE DI RINFORZO

Per le gallerie è prevista l’illuminazione di rinforzo sia in entrata che in uscita.

I calcoli sono differenziati per due tipologie di sezione, rettangolare per la S. Agata 1 e circolare per le restanti gallerie

Il grafico seguente mostra la curva dei rinforzi per le due tipologie di gallerie:

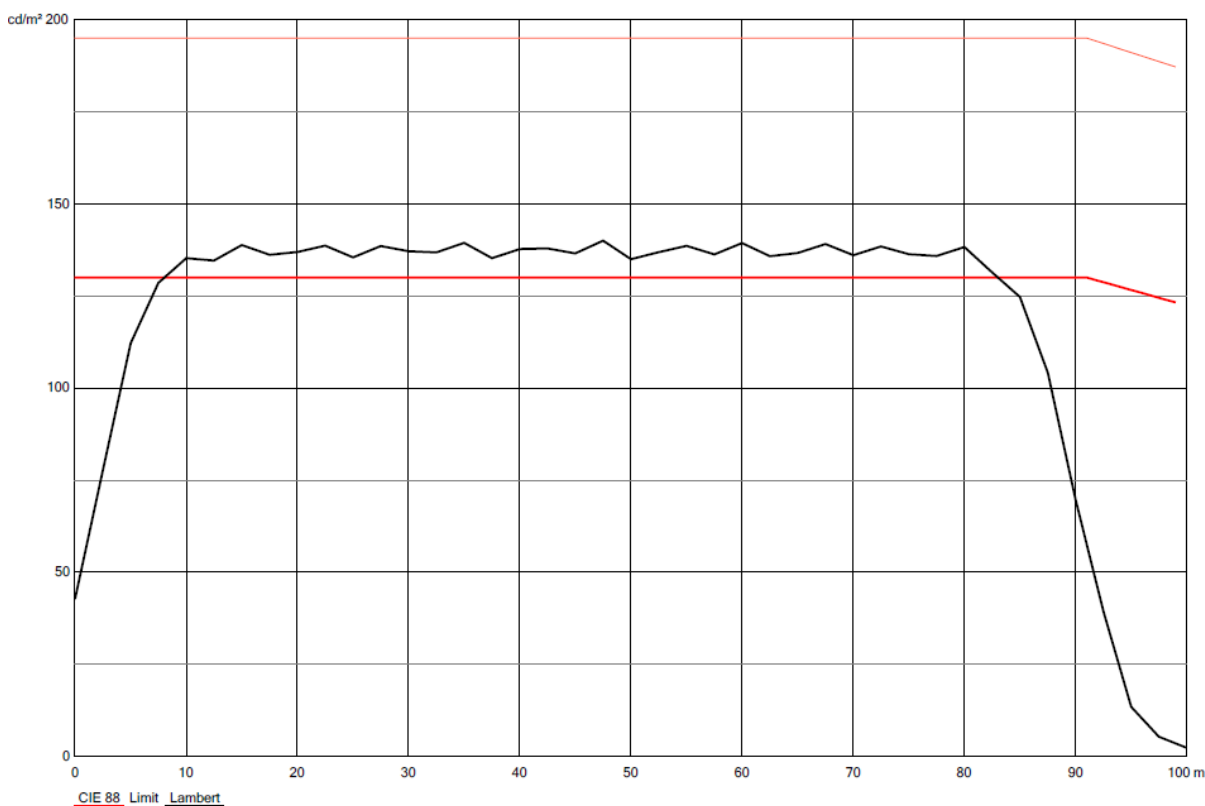


Diagramma galleria a sezione rettangolare (S. Agata 1)



Diagramma galleria a sezione circolare

Si prevede l'utilizzo di proiettori in alluminio estruso anodizzato, con grado di protezione IP66, con tecnologia a diodo led.

Gli apparecchi dell'illuminazione di rinforzo hanno le seguenti caratteristiche generali:

- corpo in alluminio estruso, chiuso da testate in alluminio pressofuso;
- dissipatori termici integrati nella struttura formati da alette longitudinali in alluminio;
- elemento conduttore di calore posto tra il circuito stampato dove sono installati i LED ed il corpo dell'apparecchio, facilita il trasferimento del calore verso i dissipatori termici;
- blocco ottico composto da riflettori in alluminio multistrato di forma conica per permettere di dirigere il flusso in modo preciso sulla superficie da illuminare;
- vetro di chiusura temprato (resistenza agli urti IK 08 secondo IEC-EN 62262) sigillato al corpo atto a garantire un'ermeticità IP66 (secondo IEC-EN 60598);
- piastra ausiliari estraibile tramite apertura posta su uno dei due coperchi. La piastra contiene alimentatore/i, convertitore di corrente a canali multipli con un'unità di telecomando;

- alimentazione LED da 350 mA a 750 mA, cablaggio in classe II, cavo uscente di 1.5m per l'alimentazione;
- staffe a sgancio rapido in ACCIAIO INOX AISI 304 adatte per il montaggio sotto canalina; possibilità di inclinazione dell'apparecchio per ottenere distribuzione fotometrica ottimale;
- Ermeticità IP 66;
- Resistenza agli urti (vetro) IK 08;
- Classe elettrica II;
- Tensione nominale 230 V – 50Hz;
- Peso variabile, 10,5 Kg.
- Completo di spezzone di cavo da 1,5 metri circa tipo FG7OM1 sezione 2x1,5 mmq. con spina CEE IP67 2P+T 16A, da innestare nell'apposita cassetta a perforazione d'isolamento posta lungo la canalizzazione di dorsale.

Potenze previste:

- 16 led per una potenza complessiva di 19 W
- 32 led per una potenza complessiva di 51 W
- 64 led per una potenza complessiva di 139 W
- 96 led per una potenza complessiva di 213 W
- 72 led per una potenza complessiva di 227 W
- 144 led per una potenza complessiva di 307 W

Ciascun apparecchio verrà equipaggiato internamente con scheda diagnostica e di comunicazione per il controllo dello stato di funzionamento dell'apparecchio, in grado di effettuare:

- il controllo e la regolazione del flusso luminoso di ciascun apparecchio;
- la misura della corrente differenziale della singola lampada;
- l'individuazione di guasto a terra;
- il distacco della lampada guasta;

il tutto attraverso il terminale remoto di controllo, installato nel quadro regolatore in cabina, con sistema ad onde convogliate.

I quadri regolatori saranno del tipo con tecnologia ad onde convogliate ed installati nei locali quadri elettrici del locale tecnico di pertinenza. Il criterio di comando è quello di pilotare il drive di ciascun apparecchio a led, in modo da abbassare il flusso emesso dagli apparecchi secondo le esigenze.

L'alimentazione elettrica dei circuiti di rinforzo verrà derivata dalla sezione emergenza dei quadri elettrici generali di cabina.

In caso di mancanza della rete del fornitore, l'impianto sarà alimentato dal gruppo elettrogeno presente in ogni cabina elettrica di galleria e si potrà scegliere di sganciare, tramite interruttore motorizzato, l'alimentazione dei circuiti relativi ai soli rinforzi di galleria.

In tale senso l'illuminazione di rinforzo della galleria rientra nella categoria delle utenze privilegiate.

4.2 ILLUMINAZIONE PERMANENTE GALLERIA

E' prevista l'illuminazione permanente, distribuita lungo tutta la lunghezza della stessa, con passo di interdistanza costante di circa 12,6 metri tra i vari apparecchi della medesima fila.

Si prevede l'utilizzo di proiettori in alluminio estruso anodizzato, con grado di protezione IP66, con tecnologia a diodo led.

Gli apparecchi dell'illuminazione permanente hanno le seguenti caratteristiche generali:

- corpo in alluminio estruso, chiuso da testate in alluminio pressofuso;
- dissipatori termici integrati nella struttura formati da alette longitudinali in alluminio;
- elemento conduttore di calore posto tra il circuito stampato dove sono installati i LED ed il corpo dell'apparecchio, facilita il trasferimento del calore verso i dissipatori termici;
- blocco ottico composto da riflettori in alluminio multistrato di forma conica per permettere di dirigere il flusso in modo preciso sulla superficie da illuminare;
- vetro di chiusura temprato (resistenza agli urti IK 08 secondo IEC-EN 62262) sigillato al corpo atto a garantire un'ermeticità IP66 (secondo IEC-EN 60598);
- piastra ausiliari estraibile tramite apertura posta su uno dei due coperchi. La piastra contiene alimentatore/i, convertitore di corrente a canali multipli con un'unità di telecomando;
- alimentazione LED da 350 mA a 750 mA, cablaggio in classe II, cavo uscente di 1.5m per l'alimentazione;
- staffe a sgancio rapido in ACCIAIO INOX AISI 304 adatte per il montaggio sotto canalina; possibilità di inclinazione dell'apparecchio per ottenere distribuzione fotometrica ottimale;
- Ermeticità IP 66;
- Resistenza agli urti (vetro) IK 08;
- Classe elettrica II;
- Tensione nominale 230 V – 50Hz;

- Peso 10,5 Kg.
- Completo di spezzone di cavo da 1,5 metri circa tipo FG7OM1 sezione 2x1,5 mmq. con spina CEE IP67 2P+T 16A, da innestare nell'apposita cassetta a perforazione d'isolamento posta lungo la canalizzazione di dorsale.

Potenze previste:

- 32 led per una potenza complessiva di 51 W.

Ciascun apparecchio verrà equipaggiato internamente con scheda diagnostica e di comunicazione per il controllo dello stato di funzionamento dell'apparecchio, in grado di effettuare:

- il controllo e la regolazione del flusso luminoso di ciascun apparecchio;
- la misura della corrente differenziale della singola lampada;
- l'individuazione di guasto a terra;
- il distacco della lampada guasta;

il tutto attraverso il terminale remoto di controllo, installato nel quadro regolatore in cabina, con sistema ad onde convogliate.

Sono previsti 4 circuiti permanente per ogni direzione di marcia, con alimentazione dal quadro regolatore permanente posizionato nel locale tecnico di cabina.

I quadri regolatori saranno del tipo con tecnologia ad onde convogliate ed installati nei locali quadri elettrici del locale tecnico di pertinenza. Il criterio di comando è quello di pilotare il drive di ciascun apparecchio a led, in modo da abbassare il flusso emesso dagli apparecchi durante le ore più profonde della notte, quando il traffico è minore.

L'alimentazione elettrica dei circuiti permanente verrà derivata dai quadri servizi ausiliari di cabina.

In caso di mancanza della rete del fornitore, l'alimentazione viene comunque garantita dall'UPS di cabina. In tale senso tutta l'illuminazione permanente è anche illuminazione di sicurezza.

Tutti i circuiti permanente prevedono, quindi, l'utilizzo di cavi resistenti al fuoco (FTG10M1).

5 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA

5.1 PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE

La norma 11248 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.

5.2 CONSIDERAZIONI GENERALI SULLE NORME UNI EN 11248

Le nuove Norme UNI 11248/2016 forniscono le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione in una data zona della strada, identificata e definita in modo esaustivo nelle Norme UNI 13201-2 mediante l'indicazione di una categoria illuminotecnica.

Le Norme si basano, nei loro principi fondamentali, sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115 e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici previsti nel rapporto tecnico CEN/TER 13201-1.

A tal fine introducono il concetto di parametro di influenza e la richiesta di valutazione dei rischi da parte del progettista.

I parametri individuati nella 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.

5.3 CAMPO DI APPLICAZIONE

La norma 11248 individua le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione fissi atte a contribuire, alla sicurezza degli utenti della strada, alle buone condizioni di visibilità durante i periodi di oscurità, al buon smaltimento del traffico e alla sicurezza pubblica, per quanto queste esigenze possano dipendere dall'illuminazione della strada.

La presente 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.

Inoltre la norma:

- Indica come classificare una zona esterna destinata al traffico (zona di studio), ai fini della determinazione della categoria illuminotecnica di ingresso;
- Nota la categoria illuminotecnica di ingresso, fornisce la procedura per la selezione delle categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio che competono alla zona di studio classificata;
- Identifica gli aspetti che condizionano l'illuminazione stradale e, attraverso la valutazione dei rischi, permette l'ottimizzazione dei consumi energetici con conseguente possibile riduzione dell'impatto ambientale e dell'inquinamento luminoso;
- Introduce una corrispondenza tra varie serie di categorie illuminotecniche comparabili o alternative;
- Fornisce, per l'illuminazione delle intersezioni stradali, prescrizioni sulla determinazione delle zone di studio e introduce griglie di calcolo integrative rispetto a quelle considerate nella UNI EN 13201-3.

La norma definisce le funzionalità e la classificazione degli impianti che attivano condizioni di illuminazione adattiva, ove previsto, stabilendo anche peculiari requisiti e modalità operative.

La norma fornisce inoltre elementi per:

- L’applicazione delle metodologie di misurazione descritte nella UNI EN 13201-4;
- La selezione delle caratteristiche fotometriche della pavimentazione stradale di riferimento per i calcoli.

5.4 INFORMAZIONI PER LA DEFINIZIONE DEGLI IMPIANTI

La progettazione dell’impianto illuminotecnico dipende da una serie di informazioni preliminari che costituiscono gli input basilari su cui fondare la progettazione.

5.4.1 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 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.

5.4.2 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(illuminotecniche)di esercizio che specifica(specificano) sia le condizioni operative istantanee di funzionamento di un impianto sia le possibili condizioni operative previste dal progettista, in base alla variabilità nel tempo dei parametri di influenza.

5.4.3 *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.

5.4.4 *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.
- 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.

5.4.5 *Sovradimensionamento dell'impianto*

Salvo esigenze particolari e al fine di contenere i consumi energetici, i valori medi di illuminamento e/o 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.

5.5 CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE

Le categorie illuminotecniche di un impianto sono individuate mediante le seguenti fasi:

1. Definire la categoria illuminotecnica di ingresso, considerando i seguenti passi:
 - o Suddividere la strada in una o più zone di studio con condizioni omogenee dei parametri di influenza;
 - o 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 nell'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:
 - a. Definire, se necessario, una o più categorie illuminotecniche di esercizio in base alle considerazioni esposte nell'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,
 - b. Adottare un sistema adattivo che realizzi anche la funzionalità CP e, in base alle considerazioni esposte nell'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 del prospetto 6.

5.6 CRITERI DI SUDDIVISIONE DELLE ZONE DI STUDIO

5.6.1 Premessa

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.

5.6.2 Strade a traffico veicolare

Per le strade a traffico veicolare (escluse le strade di classe F con limite di velocità ≤ 30 km/h, 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 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.

5.6.3 Strade di classe F

Per le strade di classe F, con limite di velocità ≤ 30 km/h, 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.

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

Per le piste ciclabili e strade, ove 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.

5.6.5 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.

5.6.6 Presenza di rallentatori di velocità

In presenza di rallentatori di velocità, la zona di studio considera esclusivamente i tratti ove 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.

5.6.7 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.

5.7 CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE ED INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO PER L'ANALISI DEI RISCHI

5.7.1 Classificazione delle strade

Il prospetto 1 riporta la classificazione delle strade secondo la legislazione in vigore al momento della pubblicazione della norma 11248.

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 illuminotecnica 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 illuminotecnica.

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 illuminotecnica.

5.7.2 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 1 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.

prospetto 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) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	
1)	Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792 ¹⁰⁾ .		
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".		

5.7.3 Classificazione delle strade ai fini illuminotecnici

Sebbene la classificazione delle strada non sia di competenza del progettista illuminotecnica, spetta a quest'ultimo la valutazione della corrispondenza tra la classe assegnata e le effettive esigenze illuminotecniche.

Le linee guida riassunte nel prospetto C.1 forniscono evidenza della correlazione tra esigenze illuminotecniche e tipologia di strada.

Inoltre, il prospetto C.1 riassume le caratteristiche dei vari tipi strada come definiti nell'art. 2 del codice della stradale e dal Decreto Ministeriale dei trasporti del 5/11/2001, No 6792.

prospetto C.1 **Caratteristiche riassuntive dei tipi di strada così come descritte nel prospetto 1 e definite da art. 2 del codice stradale e D.M. 5/11/2001, N° 6792⁽¹⁰⁾**

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	N° Minimo Carreggiate indipendenti	N° Minimo di Corsie per senso di marcia	N° di sensi di marcia	Portata max. di servizio per corsia (veicoli/ora)	Ulteriori requisiti minimi, caratteristiche e chiarimenti
A ₁	Autostrade extraurbane	2	2	2	1 100	
	Autostrade urbane	2	2	2	1 550	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	2	1	2	Da 650 a 1 350	Sono ricomprese le strade dedicate all'accesso alle autostrade prima delle stazioni (caselli autostradali) i valori minimo e massimo dipendono dal numero di corsie
	Strade di servizio alle autostrade urbane	2	1	2	Da 1 150 a 1 650	
B	Strade extraurbane principali	2	2	2	1 000	Tangenziali e superstrade
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	1	1	2	600	Strade tipo provinciali, regionali e statali Con banchine laterali transitabili
	Strade extraurbane secondarie	1	1	2		
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	1	1	2		
D	Strade urbane di scorrimento	2	2	2	950	Strade urbane di grandi dimensioni e di connessione alla rete "urbana di quartiere" o "extraurbana secondaria"
E	Strade urbane di quartiere	1	1	2	800	Proseguimento delle strade di tipo C "extraurbane secondarie" nella rete urbana Strade tipo provinciali, regionali e statali Con corsie di manovra e parcheggi esterni alla Carreggiata
			2	1		
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	1	1	1 o 2	450	Strade in ambito extraurbano diverse da strade di tipo B e C quali strade comunali, vicinali, ecc.
F	Strade locali extraurbane	1	1	1 o 2		
F	Strade locali interzonali	1	1	1 o 2	800	Strade locali di connessione con la "rete secondaria" e di "scorrimento" di maggior rilievo in quanto attraversano il territorio collegando aree urbane confinanti o distanti in area urbane o extraurbane
F	Strade locali urbane	1	1	1 o 2	800	Strade locali diverse da strade di tipo D e E, quali strade residenziali, artigianali, centro cittadino, centro storico, ecc.

5.7.4 Requisiti per il traffico motorizzato

Le categorie M nel prospetto che segue, indicate dalla norma UNI EN 13201-2, sono previste per i conducenti di veicoli motorizzati su strade con velocità di marcia medio/alte.

Categorie illuminotecniche M

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato			Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_o [minima]	$U_l^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$R_{E1}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

- a) L'uniformità longitudinale (U_l) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.
- b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- c) I valori indicati nella colonna f_{T1} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

5.7.5 Requisiti per le zone di conflitto

Le categorie C indicate nel prospetto che segue riguardano i conducenti di veicoli motorizzati e altri utenti della strada in zone di conflitto come strade in zone commerciali, incroci stradali di una certa complessità, rotonde, zone con presenza di coda, ecc.

Le categorie C si possono applicare inoltre alle zone utilizzate dai pedoni e dai ciclisti, per esempio i sottopassaggi.

Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	\bar{E} [minimo mantenuto] lx	U_o [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

5.7.6 Requisiti per pedoni e ciclisti

Le categorie P riportate nel prospetto che segue o le categorie HS nel prospetto 4 riguardano pedoni e ciclisti su marciapiedi, piste ciclabili, corsie di emergenza e altre zone della strada separate o lungo la carreggiata di una via di traffico, nonché a strade urbane, strade pedonali, parcheggi, cortili scolastici, ecc.

Categorie illuminotecniche P

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	\bar{E} ^{a)} [minimo mantenuto] lx	E_{min} [mantenuto] lx	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		

a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo di \bar{E} indicato per la categoria.

Una resa dei colori elevata contribuisce a un migliore riconoscimento facciale.

Categorie illuminotecniche HS

Categoria	Illuminamento emisferico	
	\bar{E}_{hs} [minimo mantenuto] lx	U_0 [minimo]
HS1	5,00	0,15
HS2	2,50	0,15
HS3	1,00	0,15
HS4	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata

5.8 ANALISI DEI RISCHI

5.8.1 Premessa

L’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.

5.8.2 Analisi

L’analisi dei rischi è 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 e/o 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 progettista 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.

L’analisi 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.

5.8.3 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 Ra maggiore o uguale a 60, e rapporto S/P maggiore o uguale a 1,1 O, 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.

La riduzione tiene conto dell'influenza della visione periferica e della percezione dei colori nella visione notturna ai fini della sicurezza del traffico.

Nel caso di traffico motorizzato (categorie illuminotecniche M) tra i parametri di influenza costanti nel lungo periodo può essere considerato il fattore di visibilità di oggetti (FV0).

La valutazione dei parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale può avvenire su indicazioni del committente, attraverso metodi statistici noti, con misurazioni ad hoc prolungate nel tempo o con misurazioni continue in tempo reale, come negli impianti adattivi.

Altri parametri possono essere individuati dal progettista in base alle condizioni della zona di studio.

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 CI E 115:2010.

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 **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 svincoli, 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 ^[5] .	

prospetto 3 **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

5.8.4 Metodologia operativa

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 S/P, 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 **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	3
		(per altri parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale)	
Impianti adattivi FAI	0	0	0
		1	1
		2	2
		3	3
		(per flusso di traffico minore del 12,5%)	
	1	0	1
		1	2
		2	3
		3	4
		(per flusso di traffico minore del 12,5%)	
	2	0	2
		1	3
		2	4
		(per flusso di traffico minore del 12,5%)	

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 del viso sia sufficiente
Luminosità ambientale elevata (ambiente urbano)	Adottare segnaletica stradale attiva e/o a riflessione catadiottrica di classe adeguata per mantenere la condizione di cospicuità
Intersezioni, svincoli, rotatorie (in particolare se con traffico intenso e/o di elevata velocità)	
Curve pericolose in strade 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

5.8.5 Sintesi conclusiva fasi di progettazione illuminotecnica

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.

5.8.6 Classificazione della viabilità

Per la classificazione delle strade ai fini di assegnare la classe e la categoria di appartenenza, come detto in precedenza, si farà riferimento alle Norme UNI 11248.

Le aree interessate dall'impianto di illuminazione riguardano:

- Lo svincolo di Piovene;
- Lo svincolo di Cogollo;
- Lo svincolo di Pedesca.

L'illuminazione degli svincoli è stata suddivisa nelle seguenti zone omogenee per l'assegnazione della categoria illuminotecnica.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

N. calcolo	Tipo strada	Velocità	Categoria stradale	Descrizione	N. corsie marcia	Larghezza corsia marcia	N. corsie emergenza/banchina	Larghezza corsia emergenza/banchina	Arretramento palo-guardrail	Distanza palo-corsia di marcia normale	Sbraccio	Distanza lampada corsia di marcia normale	Altezza palo	Interdistanza (min. 3,7 alt)
1	Autostrada extraurbana	130	M1 (2 cd/mq)	Tratti autostradali in avvicinamento alle gallerie	2	3,75	1	3	2,1	5,1	2,5	-2,6	13	47
2	Autostrada extraurbana	130-40	M1 (2 cd/mq)	Corsia di accelerazione/decelerazione	1	3,75	1	2,5	2,1	4,6	2,5	-2,1	12	45
3	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa monodirezionale di svincolo su viadotto e normale	1	4,00	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	12	45
4	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa monodirezionale di svincolo	1	4,00	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	10	37
5	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa bidirezionale di svincolo, su viadotto e normale	2 (+1)	4	1	1	2,1	3,1	2,5	-0,6	12	45
6	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa monodirezionale di svincolo	1	4,00	1	3	2,1	5,1	2	-3,1	10	37
7	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa bidirezionale di svincolo	3 (+1)	4,00	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	12,5	47
8	Strade locali extraurbane (F2)	70	M2 (1,5 cd/mq)	Viabilità esterna	2	3,25	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	9,5	36
9	Strade locali extraurbane (F2)	50	C2 (20 lux)	Rottoria viabilità esterna	2	4,5	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	10	37
10	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa di svincolo su viadotto	2	4	1	4	2,1	6,1	2	-4,1	12	45
11	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa di svincolo	2	4	1	4	2,1	6,1	2	-4,1	13	47

In base al tipo di strada individuato, le categorie illuminotecniche di ingresso per l'analisi dei rischi risultano essere le seguenti:

Classe	Luminanza della carreggiata			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L (cd/m ²)	U0	UL	f _{TI}	REI
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
C2	20 lux	0.40	-	-	-

L'analisi dei rischi, che è parte integrante del progetto illuminotecnico, come detto in precedenza, consiste nella valutazione dei parametri di influenza al fine di individuare le categorie illuminotecniche che 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 e l'impatto ambientale.

La viabilità in esame rappresenta una casistica normale e pertanto in base alla conoscenza dei parametri di influenza generalmente più significativi che possono essere individuati tra quelli del prospetto 2, nel quale i valori numerici sono orientativi.

La variazione della categoria illuminotecnica indicata nel prospetto 2 è di tipo sottrattivo ed è indicata come decremento da apportare al numero che appare nella sigla della categoria di ingresso per l'analisi dei rischi, ottenendo categorie con requisiti prestazionali inferiori.

La complessità del campo visivo e l'andamento quasi mai rettilineo della viabilità, soprattutto relativamente al nodo di Palmanova, induce ad una scelta di non declassamento illuminotecnico e di assunzione della classe illuminotecnica di ingresso come classificazione illuminotecnica di progetto. Inoltre il nodo di Palmanova presenta complessi flussi veicolari, con confluenza e separazione delle direzioni di marcia, che richiedono pertanto che l'utente sia messo nella condizione di massima sicurezza. Inoltre il Committente, al fine di mantenere elevato il grado di sicurezza degli utenti, ha determinato di non ridurre il flusso luminoso durante le ore notturne.

Oltre a quanto sopra detto, analizzando i parametri del prospetto 2 congiuntamente ad altri parametri quali incidenti pregressi, rapporto tra incidenti diurni e notturni, condizioni meteorologiche prevalenti, etc., al fine di assicurare un elevato livello di sicurezza dell'utenza stradale, le categorie illuminotecnica di progetto sono state desunte dalle seguenti valutazioni:

- Complessità del campo visivo normale: no
- Assenza o bassa densità di zone di conflitto: no
- Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali: condizione normale
- Segnaletica stradale attiva: condizione normale
- Assenza di pericolo di aggressione: non escludibile

Pertanto, la categoria illuminotecnica di progetto sarà la seguente

Classe	Luminanza della carreggiata			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L (cd/m ²)	U0	UL	f _{TI}	REI
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35

C2	20 lux	0.40	-	-	-
----	--------	------	---	---	---

Infine si sono analizzati i parametri di influenza variabili nel tempo, che determinano la categoria illuminotecnica di esercizio, come di seguito riportato:

- Flusso orario di traffico <50%, rispetto alla portata di servizio: no
- Flusso orario di traffico <25%, rispetto alla portata di servizio: no
- Riduzione della complessità nella tipologia di traffico: no.

Dall’analisi effettuata, si determina di mantenere la categoria di esercizio equivalente alla categoria di progetto.

Coefficiente di manutenzione

Per valutare correttamente il coefficiente di manutenzione, bisogna innanzitutto definire il piano di manutenzione, dopodiché è possibile capire i coefficienti da utilizzare. Il calcolo del coefficiente è basato sulle caratteristiche dell’apparecchio, sulle condizioni del sito di installazione e sul piano di manutenzione programmato, secondo la seguente formula:

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{MF^*} & = & \mathbf{LLMF} & \mathbf{x} & \mathbf{LSF} & \mathbf{x} & \mathbf{LMF} \\
 \text{Maintenance Factor} & & \text{Lamp Lumen} & & \text{Lamp Survival Factor} & & \text{Luminaire} \\
 & & \text{Maintenance Factor} & & & & \text{Maintenance Factor}
 \end{array}$$

Dove:

- LLMF, indica la riduzione del flusso della sorgente luminosa nel tempo;
- LSF, fattore di sopravvivenza della sorgente, in funzione della progressiva mortalità di una sorgente dopo un certo numero di ore;
- LMF, indica il fattore di deprezzamento dell’apparecchio dovuto in genere allo sporco che si accumula sul vetro di protezione (o alle lenti applicate ai diodi) e quindi è in funzione del grado di protezione IP dell’apparecchio, dell’intervallo di pulizia previsto dal piano di manutenzione e dall’inquinamento nell’area di installazione.

Pertanto in funzione dei fattori sopra menzionati, della corrente di pilotaggio, della temperatura di giunzione media di funzionamento per ogni diodo presente all’interno dell’apparecchio e sentito il produttore degli apparecchi presi a riferimento, si è assunto un fattore di manutenzione pari a 0,8.

Le varie categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio sono state assegnate dopo aver effettuato l’analisi dei rischi definita dall’Art. 7 delle Norme UNI 11248/2016, sopra riportata.

Il valori dei parametri illuminotecnici specifici per ogni categoria sono da intendersi come minimi mantenuti durante tutto il periodo di vita utile dell’impianto di illuminazione.

In conseguenza per la luminanza e l’illuminamento i valori iniziali di progetto misurabili per un impianto di illuminazione dovranno essere più elevati di quelli specificati, per tener conto, per esempio, del deperimento del flusso luminoso, delle tolleranze di fabbrica, dell’interrezza sui valori del coefficiente di luminanza ridotto “r” della pavimentazione stradale e della matrice di misura in fase di verifica e di collaudo.

5.9 ALIMENTATORI APPARECCHI A “FLUSSO COSTANTE”

In tutti gli alimentatori degli apparecchi sarà attivata la funzione cosiddetta a “flusso costante” che permette di evitare di dover emettere durante la vita tecnica dell’apparecchio un flusso luminoso significativamente maggiore di quello progettualmente necessario al fine di compensare l’attesa diminuzione della prestazione dei led negli anni.

Questa funzione permette cioè di partire con un flusso luminoso appena maggiore di quello di progetto (+10% per la sola compensazione dello sporco del vetro e del decadimento prestazionale tra due compensazioni dell’alimentatore) anziché il +43% necessario se si dovesse tener conto anche della diminuzione di flusso a fine vita utile dell’apparecchio.

Con la funzione “flusso costante” ci si può limitare a dare solo il 10% in più del minimo necessario per garantire le prestazioni attese.

Pertanto l’aspetto di cui occorre aver maggiore cura per ridurre l’inquinamento luminoso è utilizzare minor flusso luminoso possibile, compatibilmente con le primarie esigenze di sicurezza stradale, tramite accurate progettazioni illuminotecniche. La semplice adozione della funzione “flusso costante” consente di ridurre il flusso luminoso generato dall’impianto di ben oltre quanto si otterrebbe con la riduzione di una categoria illuminotecnica e ciò senza sacrificio del livello di illuminamento e comfort visivo utili garantire il massimo livello di sicurezza per gli utenti della strada.

5.10 PRESCRIZIONI IMPIANTISTICHE

Tutti gli impianti di illuminazione dovranno essere realizzati in classe II di isolamento, come ammesso dalla Norma CEI 64-8/714.

In particolare i componenti elettrici di classe II saranno i seguenti:

- Armature apparecchi illuminanti;
- Cavi elettrici;

- Morsettiere alla base dei pali.

5.11 CARATTERISTICHE GENERALI DI UNA BUONA ILLUMINAZIONE

I caratteri dei parametri dell'illuminazione delle strade con traffico motorizzato sono ottemperate dalla Norme UNI 11248/2016 che determinano:

- Valori d'illuminamento delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- Valori di uniformità delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- Valori dell'abbagliamento debilitante (fattore TI%) in funzione alle loro caratteristiche d'uso.

Gli adeguamenti e potenziamenti degli impianti d'illuminazione saranno progettati al fine di rispondere alle prescrizioni tecniche delle Norme UNI 11248/2016 "Illuminazione stradale", Norme CEI 64.8 - Sez. 714 "Impianti di illuminazione situati all'esterno", realizzando e superando i valori minimi sanciti dalle seguenti Norme, prendendo in esame gli aspetti principali della visione notturna su strade con traffico veicolare, come meglio specificato nei paragrafi che seguono.

5.11.1 Controllo dell'abbagliamento debilitante:

Abbagliamento d'incapacità (TI%)

E' un indice che esprime l'impossibilità di percepire un ostacolo generato dal fastidio visivo vero e proprio dei corpi illuminanti.

Questa incapacità dipende dal "velo" di luminanza creata dall'interno dell'occhio dall'eccessiva intensità luminosa ammessa dalla successione di apparecchi presenti nel campo visivo del conduttore.

Quindi l'occhio reagisce lentamente e con fatica in presenza di scarsi livelli di luminosità.

Per migliorare queste caratteristiche, l'illuminazione artificiale notturna deve creare un ambiente confortevole con un'illuminazione uniforme ed evitare fenomeni perturbati.

Il fenomeno della visione nella Pubblica illuminazione deve prendere dunque in considerazione i principali parametri legati alla vista ed in particolare:

Acuità visiva

Capacità di una persona di vedere distintamente un ostacolo di dimensioni definite, maggiore e l'acuità visiva della persona e minori saranno le dimensioni dell'ostacolo che riuscirà a vedere.

Sensibilità di contrasto

Possibilità di distinguere un eventuale ostacolo grazie allo scarto di luminanza esistente tra oggetto (ostacolo) e il fondo (strada). Generalmente la percezione è dovuta ad un contrasto negativo in cui l'ostacolo è visto in controluce su fondo illuminato.

Abbagliamento

Provocato dagli apparecchi d'illuminazione, dall'ambiente circostante, dal riflesso del manto stradale e chiaramente dai proiettori delle vetture circolanti in senso inverso.

Visibilità

Indice di visibilità, ossia la capacità di individuare un ostacolo.

Analizzando quindi questi fenomeni è stato possibile stabilire quali sono i parametri corretti per una buona installazione e come sia insufficiente parlare solo di illuminamento sulla sede stradale, senza considerare tutti gli altri aspetti che non sono correttamente utilizzati verificando anche un buon livello d'illuminamento.

L'abbagliamento debilitante deve essere mantenuto entro valori di tollerabilità precisati, per ogni categoria illuminotecnica nella UNI EN 13201-2.

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.

5.11.2 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.

5.11.3 Resa del colore

Il valore minimo per l'indice generale di resa dei colori è 20.

5.11.4 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.

5.11.5 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.

5.11.6 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.

5.11.7 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.

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

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizione	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.						

5.12 VISIONE NELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE

La sicurezza della circolazione automobilistica dipende in modo sostanziale dalla qualità della rete viabile e dai veicoli circolanti; durante le ore notturne un aspetto fondamentale nella sicurezza è rappresentato dalla qualità degli impianti di Pubblica illuminazione.

Un impianto d'illuminazione è considerato buono quando questo consente di avere una rapida percezione visiva delle caratteristiche nel contesto stradale e degli ostacoli eventualmente presenti sulla carreggiata, per una distanza pari a quella d'arresto del veicolo.

A seguito della velocità di marcia, lo spazio di arresto (considerato come arresto d'emergenza in presenza di un ostacolo improvviso) può risultare molto superiore allo spazio illuminato con i soli fari delle vetture.

È chiaro che nelle ore notturne interagiscono altri elementi quali fatica, eventuali stati di eccitazione ecc., ma resta comunque determinante il fattore della visibilità.

La Commissione C.I.E., esaminando alcuni tratti di strada, confrontando il tasso di incidenti prima e dopo la realizzazione di un buon impianto d'illuminazione, ha riscontrato una riduzione media del 43% degli incidenti che avvengono nelle ore notturne con una diminuzione media del 37% del numero dei morti.

Risulta evidente che le caratteristiche dell'impianto d'illuminazione devono essere tali da consentire all'occhio umano una corretta visione e vanno realizzati in funzione delle caratteristiche fisiche proprie dell'occhio nella visione notturna dell'automobilista:

- quantità e qualità della luce (luminanza e uniformità)
- percezione degli ostacoli (acuità visiva e sensibilità ai contrasti)
- perturbazione della visione (abbagliamento molesto e di incapacità)

Questi fenomeni sono strettamente correlati tra loro in quanto la variazione di un singolo fenomeno comporta un adattamento automatico dell'occhio alle mutate condizioni di variabilità.

Le raccomandazioni internazionali e le Norme UNI 11248/2016, relative alla Pubblica illuminazione, stabiliscono i parametri di riferimento in modo tale da contenere l’adattamento dell’occhio umano entro i limiti idonei alle differenti condizioni di guida.

Quindi il progetto è stato sviluppato secondo quanto raccomandato dalle Norme UNI 11248/2016 “Illuminazione stradale” è necessario:

- adottare apparecchi illuminanti con ottiche “cut-off” al fine di evitare qualsiasi abbagliamento e con ottiche in grado di limitare la diffusione del flusso luminoso verso l’alto secondo la legge provinciale del 3 ottobre 2007 n. 16 in materia di risparmio energetico e inquinamento luminoso
- ricercare una buona uniformità al fine di evitare ed individuare eventuali ostacoli;
- conservare nel tempo i parametri d’illuminamento iniziali consentendo di mantenere inalterati i valori d’illuminamento e quindi la sicurezza.

5.13 ILLUMINAZIONE PUBBLICA AL SERVIZIO DEL PEDONE

L’illuminazione dei passaggi pedonali è sicuramente uno dei punti critici della pubblica illuminazione e come tale deve essere trattato con ancora maggiore accuratezza per due motivi:

- I rischi di probabile incidente in questa zona sono superiori al normale in quanto in condizioni di scarsa visibilità risulta difficile sia l’individuazione del pedone da parte dell’automobilista che la percezione della velocità e della distanza del veicolo da parte del pedone
- Le conseguenze di questi incidenti sono sempre gravi, e spesso letali, per la persona a piedi con un grosso impatto, anche emotivo, sulla pubblica opinione

Per garantire una corretta illuminazione é necessario conseguire il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Dal punto di vista dell’automobilista:
 - o Consentire la percezione a distanza di avvicinamento ad una zona a rischio;
 - o Capacità di percepire, in tempo utile per fermarsi, la presenza di un passante;
 - o Evitare fenomeni di abbagliamento che riducono le prestazioni visive.
- Dal punto di vista del pedone:
 - o Permettere la percezione di un automezzo in arrivo;
 - o Valutare distanza e velocità;
 - o Vedere in maniera chiara l’attraversamento in modo da valutarne il tempo di attraversamento ed accedervi senza rischi.

Per soddisfare le suddette condizioni é opportuno rifarsi a quanto detto in precedenza relativamente ai requisiti di un impianto di pubblica illuminazione e, data la pericolosità della zona in oggetto, rispondere come minimo ai requisiti richiesti per una strada con categoria assegnata e cioè:

- Uniformità Generale ≥ 0.4
- Abbagliamento di incapacità TI ≤ 10
- Zone laterali illuminate

Se l’impianto in cui é previsto il passaggio pedonale risponde a questi requisiti ed il passaggio stesso non é in prossimità di un incrocio, i criteri sopra menzionati sono sufficienti per una corretta illuminazione.

5.14 LIMITAZIONE DELLA DISPERSIONE VERSO L’ALTO DEL FLUSSO LUMINOSO

La legge della Regione Veneto n.22 del 27/06/97 “Norme per la prevenzione dell’inquinamento luminoso”, ancora prima della norma UNI 10819, prescrivevano che gli impianti di illuminazione esterna di nuova realizzazione, debbano rispettare specifici parametri qualitativi in modo da limitare forme di inquinamento luminoso dovute all’indirizzamento diretto o riflesso verso l’alto del fascio luminoso.

Le soluzioni redatte considerano tale aspetto adottando apparecchi illuminanti installati con un angolo di inclinazione verso l’alto di 0° e dotati di ottica di tipo “cut off”.

Il grado di comfort visivo, verificato in sede di progetto per le soluzioni a sbraccio, limita le forme di abbagliamento orizzontale nei valori consentiti senza causare inquinamento luminoso attraverso l’uso di apparecchi illuminanti equipaggiati con ottiche di tipo cut-off e con registro del posizionamento della sorgente luminosa sia per le soluzioni d’impianto con posizionamento unilaterale e/o bilaterale dei punti luce rispetto alla sede stradale.

L’interasse dei corpi illuminanti rispetta quanto previsto dalle sopracitata Legge Regionale, considerando il rapporto di 3,7 tra interasse pali ed altezza delle sorgenti luminose.

5.15 PRINCIPALI PRESCRIZIONI DERIVANTI DALLA L.R. VENETO 7 AGOSTO 2009, N. 17

La progettazione e l’esecuzione degli impianti di illuminazione esterna, pubblica e privata devono conformarsi alle disposizioni di cui al presente articolo. Per gli impianti di illuminazione esterna, pubblica e privata, per i quali, alla data di entrata in vigore della presente legge, il progetto sia stato approvato o che siano in fase di realizzazione, è prevista la sola predisposizione di sistemi che garantiscano la non dispersione della luce verso l’alto.

Si considerano conformi ai principi di contenimento dell’inquinamento luminoso e del consumo energetico gli impianti che rispondono ai seguenti requisiti:

- sono costituiti di apparecchi illuminanti aventi un’intensità luminosa massima

compresa fra 0 e 0.49 candele (cd) per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso a novanta gradi ed oltre;

- sono equipaggiati di lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, come quelle al sodio ad alta o bassa pressione, in luogo di quelle ad efficienza luminosa inferiore. È consentito l'impiego di lampade con indice di resa cromatica superiore a $Ra=65$, ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w esclusivamente per l'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e zone pedonalizzate dei centri storici. I nuovi apparecchi d'illuminazione a led possono essere impiegati anche in ambito stradale, a condizione siano conformi alle disposizioni di cui al comma 2 lettere a) e c) e l'efficienza delle sorgenti sia maggiore di 90lm/W;
- sono realizzati in modo che le superfici illuminate non superino il livello minimo di luminanza media mantenuta o di illuminamento medio mantenuto previsto dalle norme di sicurezza specifiche; in assenza di norme di sicurezza specifiche la luminanza media sulle superfici non deve superare 1 cd/mq;
- sono provvisti di appositi dispositivi che abbassano i costi energetici e manutentivi, agiscono puntualmente su ciascuna lampada o in generale sull'intero impianto e riducono il flusso luminoso in misura superiore al trenta per cento rispetto al pieno regime di operatività, entro le ore ventiquattro. La riduzione di luminanza, in funzione dei livelli di traffico, è obbligatoria per i nuovi impianti d'illuminazione stradale.

Si considerano conformi ai principi di contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico i lampioni fotovoltaici autoalimentati che utilizzano pannelli aventi rendimento pari o superiore al dieci per cento e comunque corrispondenti alle caratteristiche indicate al comma 2, lettere a), b), c).

Fari, torri-faro e riflettori illuminanti parcheggi, piazzali, cantieri, svincoli ferroviari e stradali, complessi industriali e grandi aree di ogni tipo devono avere, rispetto al terreno, un'inclinazione tale, in relazione alle caratteristiche dell'impianto, da non irradiare oltre 0 cd per 1.000 lumen a 90° e oltre. Si privilegiano gli apparecchi d'illuminazione con proiettori di tipo asimmetrico. In particolare, l'installazione di torri-faro deve prevedere una potenza installata inferiore, a parità di luminanza delle superfici illuminate, a quella di un impianto con apparecchi tradizionali; qualora il fattore di utilizzazione di torri-faro, riferito alla sola superficie di utilizzo, superi il valore di 0,5, gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di spegnimento o di riduzione della luminanza, nei periodi di non utilizzazione o di traffico ridotto.

È vietato, su tutto il territorio regionale, l'utilizzo anche temporaneo, di fasci di luce fissi o rotanti, di qualsiasi colore e potenza, come i fari, i fari laser, le giostre luminose e ogni tipo di

richiamo luminoso, a scopo pubblicitario o voluttuario, come i palloni aerostatici luminosi e le immagini luminose che disperdono luce verso la volta celeste. È altresì vietata l'illuminazione di elementi del paesaggio e l'utilizzo delle superfici di edifici o di elementi architettonici o naturali, per la proiezione o l'emissione di immagini, messaggi o fasci luminosi, a scopo pubblicitario o voluttuario.

Ai fini dell'alta efficienza degli impianti si osservano le seguenti prescrizioni:

- Impiegare, a parità di luminanza, apparecchi che conseguano impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni massime di interasse dei punti luce e che minimizzino costi e interventi di manutenzione nell'illuminazione pubblica e privata per esterni. In particolare per i nuovi impianti di illuminazione stradale è fatto obbligo di utilizzare apparecchi con rendimento superiore al sessanta per cento, intendendosi per rendimento il rapporto fra il flusso luminoso che fuoriesce dall'apparecchio e quello emesso dalla sorgente interna allo stesso. Gli impianti di illuminazione stradale devono altresì garantire un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non inferiore al valore di 3,7; sono consentite soluzioni alternative solo in presenza di ostacoli, fisici o arborei, o in quanto funzionali alla certificata e documentata migliore efficienza generale dell'impianto; soluzioni con apparecchi lungo entrambi i lati della strada sono consentite nei casi in cui le luminanze di progetto debbano essere superiori a 1.5cd/m² o per carreggiate con larghezza superiore ai 9 metri;
- Massimizzazione della frazione del flusso luminoso emesso dall'impianto, in ragione dell'effettiva incidenza sulla superficie da illuminare (utilanza). La progettazione degli impianti di illuminazione esterna notturna dev'essere tale da contenere al massimo la luce intrusiva all'interno delle abitazioni e di ogni ambiente adiacente l'impianto

La temperatura di colore utilizzata è pari a 3000°K al fine di non interferire con i numerosi osservatori astronomici presenti nella zona di intervento.

5.16 TELECONTROLLO DEI PUNTI LUCE

5.16.1 Premessa

Il sistema "punto-punto" è un insieme di apparecchiature elettroniche, installate nell'impianto telecontrollato, per il monitoraggio, la programmazione ed il comando dei singoli punti luce a LED.

Il sistema si basa sulla tecnologia ad onde convogliate, che permette la comunicazione bidirezionale di informazioni digitali tra il modulo installato in prossimità del punto luce ed il modulo di gestione, ubicato all'interno del quadro di comando o del regolatore. I dati digitali sono modulati sulla tensione di rete e quindi non sono necessari bus o conduttori aggiuntivi nell'impianto.

Con il sistema punto-punto, pertanto, le operazioni attuabili normalmente a livello di quadro vengono estese anche a livello di proiettori. E' possibile, ad esempio, monitorare e registrare i parametri elettrici del proiettore ed in base a questi generare eventuali anomalie ed allarmi, spegnere, accendere o, addirittura, regolare l'intensità luminosa del proiettore, tramite comandi manuali o pianificati affidati alle apparecchiature in campo (cicli e scenografie).

I dispositivi del sistema punto-punto saranno installati in aggiunta a quelli per la telegestione del quadro o regolatore.

Di seguito si descrivono, le metodologie utilizzate per la comunicazione con il sistema punto-punto, nonché il flusso delle informazioni che viene scambiato tra PC ed LPM e tra LPM e moduli punto-punto.

La comunicazione tra il centro di controllo (PC) e il sistema punto-punto avviene sempre tramite il quadro, con i canali di comunicazione classici; questo significa che i comandi rivolti direttamente ai proiettori, in realtà vengono rivolti dapprima al modulo di gestione all'interno del quadro (LPM) che li smista verso i moduli punto-punto relativi tramite le onde convogliate; così pure le risposte da parte dei moduli, che vengono tradotte ed inoltrate al PC del centro di controllo.

Inoltre, come illustrato di seguito, per alcuni comandi diretti in tempo reale, rivolti direttamente ai proiettori, è necessario che l'impianto sia acceso: la comunicazione ad onde convogliate, infatti, non può avvenire in assenza di tensione di rete. Nel sistema che viene illustrato, sono disponibili metodi efficaci che consentono la programmazione ed il monitoraggio dei moduli punto-punto anche in assenza di tensione di rete.

La comunicazione tra il centro di controllo ed il campo avviene sempre tramite il software Maestro e il modulo gestore LPM. Anche i messaggi rivolti ai moduli punto-punto passano sempre attraverso il modulo LPM, che gestisce la comunicazione ad onde convogliate.

In questo caso, ovvero quando i comandi da parte del Maestro sono rivolti direttamente ai moduli punto-punto (che devono necessariamente essere alimentati ed accesi), se i comandi inviati sono di programmazione (ad esempio: modifica parametri) la procedura è doppia: dapprima il software Maestro si rivolge al modulo punto-punto dopodiché, se il comando è andato a buon fine, deve scrivere gli stessi parametri anche nel modulo LPM di pertinenza, al fine di garantire l'allineamento dei dati.

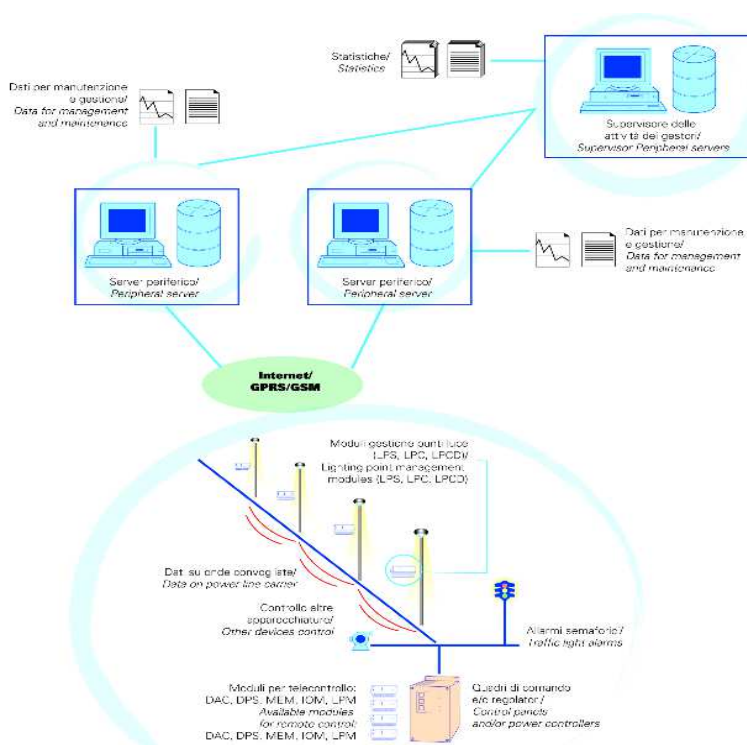
Il modulo gestore LPM viene indirizzato sempre tramite CODICE UTENTE e CODICE IMPIANTO, allo stesso modo dei moduli di gestione quadro (LIT, DAC, DPS, ecc.). Il numero di telefono da chiamare, o comunque in generale gli estremi per la connessione, sono quelli del modulo MASTER, indicati nella scheda anagrafica del quadro di appartenenza.

La comunicazione verso il singolo modulo punto-punto avviene tramite il suo codice: il messaggio viene indirizzato al codice (o “indirizzo”) dell’LPM di appartenenza (prime quattro cifre del codice del modulo punto-punto), specificando poi il numero del modulo punto-punto o del gruppo di moduli.

Il modulo gestore LPM, in quanto modulo slave, può generare allarmi in modo autonomo; il modulo master esegue continuamente polling di verifica della presenza di allarmi nei moduli slave: quando presente, è il modulo master a comunicare al PC del centro di controllo dati dell’allarme. Non è, pertanto, necessario impostare il numero di telefono o i parametri dell’host da chiamare anche sui moduli slave (in questo caso, gli LPM).

5.16.2 Monitoraggi e comandi utilizzabili nel sistema a led

Di seguito sono descritti i tipi di monitoraggio e di comando fruibili nel sistema punto-punto, con i vantaggi che offrono ed i relativi costi, in termini di risorse impegnate; le funzioni sono utilizzabili anche in combinazione tra loro, a seconda delle necessità dell’utente.



5.16.3 Monitoraggio funzionamento e guasti proiettori LED

Il modulo LPM esegue due interrogazioni giornaliere ai moduli punto-punto, leggendo i parametri elettrici dei proiettori, durante il periodo di accensione dell’impianto. Nella prima vengono scaricate anche le misure eseguite autonomamente dal modulo punto-punto dopo alcuni minuti dall’accensione.

Nel modulo LPM vengono così memorizzati, per ogni proiettore e per ogni giorno, tre record di misure elettriche, che vi rimangono fino a quando la memoria non è piena (gestione FIFO dei record, quelli più vecchi vengono sostituiti da quelli più recenti). Gli orari del polling vengono decisi dall’utente.

Le misure memorizzate vengono poi lette (scaricate) dal software Maestro, generalmente in modo automatico e pianificato (ad esempio, ogni due-tre giorni). Le misure registrate dal sistema sono memorizzate in apposita tabella e consultabili da software.

Al momento della lettura da parte del software Maestro, ogni record di misura viene analizzato e confrontato con le soglie impostate per il modulo punto-punto cui appartengono (anagrafica punto-punto, scheda “Settaggio Anomalie”): se esistono le condizioni per la generazione di una o più anomalie, secondo algoritmi di calcolo predefiniti, queste vengono registrate in apposita tabella, consultabile nel programma stesso.

Le anomalie sono una sorta di “preallarmi”, che non comportano nessun tipo di segnalazione all’utente. La generazione degli allarmi (eventi) veri e propri, avviene qualora esistano più anomalie consecutive per lo stesso modulo punto-punto. Dall’analisi che il software Maestro esegue automaticamente sulle anomalie, infatti, possono essere generati gli allarmi veri e propri, consultabili nella tabella eventi e gestiti con le medesime modalità degli eventi che provengono dai quadri. La soglia per la generazione degli eventi (ovvero: il numero delle anomalie consecutive che devono esserci per la generazione dell’evento di allarme) è personalizzabile dall’utente, a livello di modulo LPM e di codice di allarme (nelle impostazioni quadro, scheda PUNTO-PUNTO).

In questo modo, senza che l’utente debba fare nulla (tutte le operazioni sono automatiche e pianificabili), nella tabella eventi è possibile consultare i guasti che si verificano a livello di proiettore e relativi componenti, con tutte le informazioni relative (tipo di guasto, data ed ora, codice proiettore guasta, ecc.). I dati che emergono possono essere utilizzati, pertanto, ai fini della manutenzione, delle riparazioni e degli interventi sugli impianti.

Oltre a ciò, questo tipo di monitoraggio offre una grande varietà di dati, che possono essere utilizzati dall’utente per analisi di vari tipi: funzionamento delle linee e dei proiettori, qualità del servizio offerto, possibilità di pianificazione degli interventi e miglioramento dell’organizzazione, ecc. Il costo, tuttavia, è quello della chiamata periodica da parte del software Maestro verso i moduli gestori LPM, per lo scarico delle misure registrate.

5.16.4 Monitoraggio proiettori LED spenti

In combinazione, al monitoraggio del funzionamento e dei guasti dei proiettori LED, che mette a disposizione molte informazioni, come il tipo di guasto, le anomalie, le misure, ecc., sarà possibile utilizzare il sistema punto-punto per avere informazioni su una percentuale di LED che si spengono all’interno del proiettore LED.

Per fare questo, è possibile utilizzare la funzione del “Polling continuo”: il modulo LPM esegue l’interrogazione continua di tutti i moduli punto-punto gestiti, rilevando esclusivamente, da questi, l’informazione sullo stato del proiettore (acceso / spento). L’interrogazione avviene durante tutto l’arco di funzionamento dell’impianto, dall’accensione allo spegnimento.

Se per un certo numero di volte consecutive (impostabile solo in fase di messa in servizio dell’impianto) il proiettore risulta essere SPENTO, l’LPM invia autonomamente al Maestro un allarme di proiettore spento. L’invio dell’evento avviene in modo istantaneo, non appena viene superato il limite di letture consecutive impostato.

Durante l’esecuzione del polling, inoltre, se uno o più moduli non rispondono o la comunicazione è scarsa, le mancate risposte vengono memorizzate e conteggiate allo stesso modo delle informazioni di lampada spenta. Superato il numero di mancate risposte prefissato, viene inviato un allarme di mancata comunicazione con il modulo punto-punto, verso il PC del centro di controllo.

In questo modo il monitoraggio è limitato all’informazione sullo stato dei proiettori e sul funzionamento dei moduli punto-punto, ma non richiede lo scarico periodico dei dati dell’LPM da parte del software Maestro, in quanto gli eventi di allarme vengono inviati direttamente dal quadro al centro di controllo.

Ovviamente, se utilizzato in modo esclusivo questo tipo di monitoraggio, i dati a disposizione nel software Maestro sono limitati agli eventi di proiettore spento: non si può disporre delle misure dei parametri del proiettore, delle anomalie, dei contatori, ecc.

5.16.5 Monitoraggio manuale del singolo proiettore

Quando richiesto, ad esempio a causa di un guasto ripetitivo su un proiettore che richieda una analisi accurata, è possibile collegarsi direttamente al proiettore per leggere, in tempo reale, le misure elettriche ed i contatori, nonché eseguire comandi come: regolazioni di intensità luminosa (dove possibile), spegnimento ed accensione, applicazione della funzione di minimo consumo, ecc.

Per fare questo è a disposizione il “Sinottico lampada” che, allo stesso modo di quello per il quadro, permette di monitorare e controllare, attraverso uno schema elettrico interattivo, il singolo proiettore.

Ovviamente, per l’utilizzo di questa funzione, è necessario che l’impianto sia acceso.

5.16.6 Comandi broadcast manuali

A completamento del sinottico lampada, che permette il monitoraggio in tempo reale di un singolo proiettore da parte dell’operatore, è a disposizione la funzione dei comandi “Broadcast”, intesi come comandi rivolti a più di un proiettore. Tramite questa funzione è

possibile inviare, a tutti i proiettori o gruppi di proiettori (gruppi scenografici) svariati comandi, quali: lettura o trasferimento dei cicli dei moduli punto-punto (per l'allineamento con il database del Maestro), scrittura dei gruppi di appartenenza, esecuzione delle misure in tempo reale (visualizzabili su apposita finestra di log) come pure degli stati dei proiettori e dei valori attuali di minimo

Inoltre è possibile eseguire le stesse operazioni disponibili sul sinottico lampada, ma rivolte a gruppi di proiettori (o a tutti i proiettori dell'impianto), quali: accensioni e spegnimenti, regolazione dell'intensità luminosa ad una certa percentuale, regolazione al valore di minimo consumo; per l'utilizzo di questa funzione, è necessario che l'impianto sia acceso.

5.16.7 Cicli di riduzione per singolo proiettore

E' anche possibile, in caso di interruzione di servizio del regolatore di flusso centralizzato, applicare, direttamente sui singoli proiettori, cicli di regolazione del flusso luminoso tramite i moduli punto-punto.

Sono disponibili due diversi cicli utilizzabili nell'arco dell'anno: uno per il periodo dell'ora legale, uno per il periodo dell'ora solare. Ciascuno di questi cicli dispone fino a cinque step personalizzabili con un orario ed un'azione, la quale può essere: una percentuale di riduzione, l'accensione, lo spegnimento, il minimo consumo.

I due cicli sono conservati all'interno dell'LPM, che mantiene quindi in memoria i cicli di ciascun modulo punto-punto gestito, ma replicati anche all'interno del singolo modulo punto-punto (su questo viene, in realtà, conservato solo quello da applicare nel periodo attuale, sostituito automaticamente al momento opportuno, dal modulo LPM). Questo significa che è il singolo modulo installato in prossimità del proiettore che, autonomamente, gestisce il controllo del ciclo.

I cicli sono, ovviamente, leggibili e modificabili dal software Maestro, che può anche determinare la nuova data di applicazione. In questo modo è possibile regolare l'intensità luminosa dei proiettori gestite con il sistema punto-punto, secondo orari ed azioni, personalizzabili per singolo proiettore.

5.16.8 Scenografie

In combinazione ai cicli dei moduli punto-punto, è possibile utilizzare le scenografie, completamente coordinate dal modulo LPM. Queste, se utilizzate in concomitanza ai cicli dei moduli punto-punto, hanno la priorità sui cicli.

Le scenografie permettono di controllare spegnimenti, accensioni e regolazione di flusso di GRUPPI di proiettori (gruppi scenografici).

E' possibile determinare la circostanza che deve scatenare la scenografia, che può essere un evento logico (cambio di stato di due ingressi digitali) oppure un orario. A questa circostanza

sono abbinati una serie di gruppi, per ciascuno dei quali viene abbinata una azione (una percentuale di riduzione, l'accensione, lo spegnimento, il minimo consumo), con la possibilità, appunto, di specificare una azione diversa per ciascun gruppo interessato. Oltre a questo, per ogni step scenografico è possibile decidere lo stato delle sei uscite digitali, per interfacciarsi con eventuali automatismi esterni.

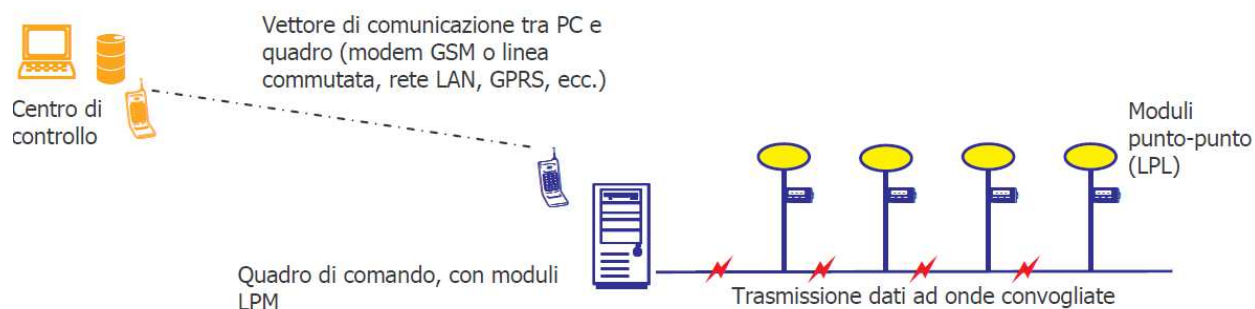
Per le scenografie ad orario sono disponibili fino a dieci step, mentre per quelle ad evento, essendo controllate da due ingressi, sono disponibili tre step (uno per ogni combinazione binaria possibile degli ingressi, escludendo lo zero).

Con le scenografie è possibile, dunque, creare effetti di luce gestiti in modo automatico direttamente dal quadro.

5.16.9 Funzioni e peculiarità del sistema

Si riportano le funzioni disponibili nel Maestro e riguardanti il sistema punto-punto, le caratteristiche e le funzioni che, a livello di apparecchiature in campo, può offrire all'utente.

Nella figura che segue è riportato lo schema del sistema punto-punto.



5.16.10 Monitoraggio dei parametri lampade LED e generazione anomalie

La funzione principale del sistema punto-punto è quella di monitorare il singolo punto luce per verificarne l'efficienza e rilevare eventuali anomalie attraverso l'analisi dei parametri elettrici.

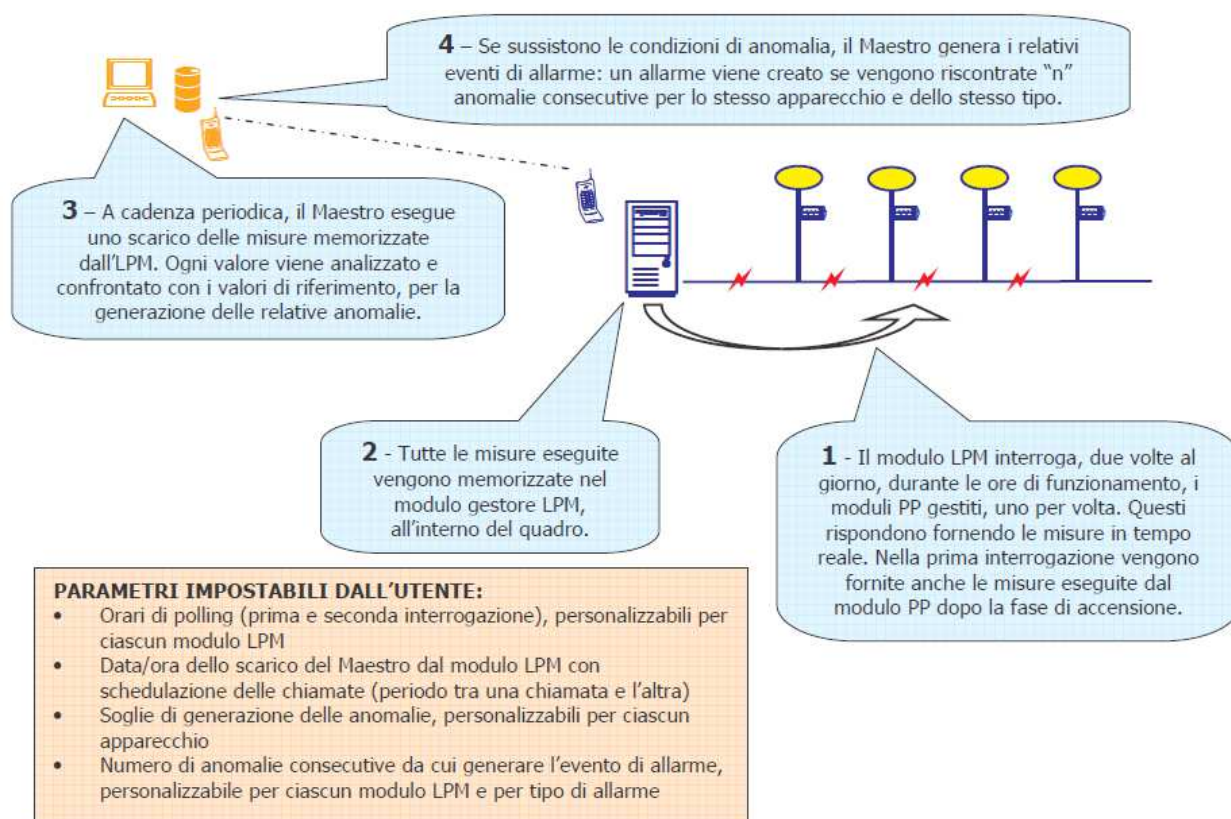
A questo scopo, ciascun modulo punto-punto è in grado di trasmettere, al modulo LPM di appartenenza, le seguenti grandezze:

- Stato del proiettore (accesa/spenta)
- Tensione di rete
- Corrente assorbita
- Fattore di potenza
- Tempo totale di proiettore acceso
- Tempo totale di proiettore alimentato

Le misure di potenza (attiva, reattiva, apparente) vengono calcolate dal software Maestro sulla base dei valori rilevati.

E' da sottolineare che il modulo punto-punto, di propria iniziativa, non trasmette mai eventi di allarme o dati su possibili anomalie: è il software del centro di controllo che genera le anomalie sulla base delle misure rilevate. Questo consente l'eventuale personalizzazione dei criteri sui quali è basata la generazione delle anomalie, direttamente sul software Maestro e senza necessità di trasmettere i dati verso il campo.

Nell'immagine sottostante è rappresentato il principio di funzionamento del monitoraggio dei parametri del proiettore.



L'informazione sullo stato del proiettore, trasmessa insieme alle misure, può essere considerata come un'indicazione di anomalia: all'interno del software Maestro è possibile decidere se utilizzare questa informazione oppure scartarla e rilevare lo stato del proiettore sulla base delle misure eseguite. Questa scelta offre all'utente maggiore flessibilità, adattando le informazioni che provengono dal campo alla propria politica gestionale.

La richiesta di esecuzione delle misure avviene sempre da parte del modulo LPM, fatta eccezione per la lettura dopo la fase di accensione; questa, infatti, avviene in modo autonomo da parte del modulo punto-punto e da questo registrata nella propria memoria

interna. Alla prima richiesta di esecuzione misure, il modulo punto-punto trasmette la lettura eseguita dopo l'accensione e quella in tempo reale richiesta dall'LPM.

I dati letti dai moduli punto-punto vengono, dopo ogni interrogazione a polling, memorizzati all'interno del modulo gestore LPM. Su richiesta del Maestro, i dati vengono da questo scaricati nel proprio database ed utilizzati per la generazione delle anomalie.

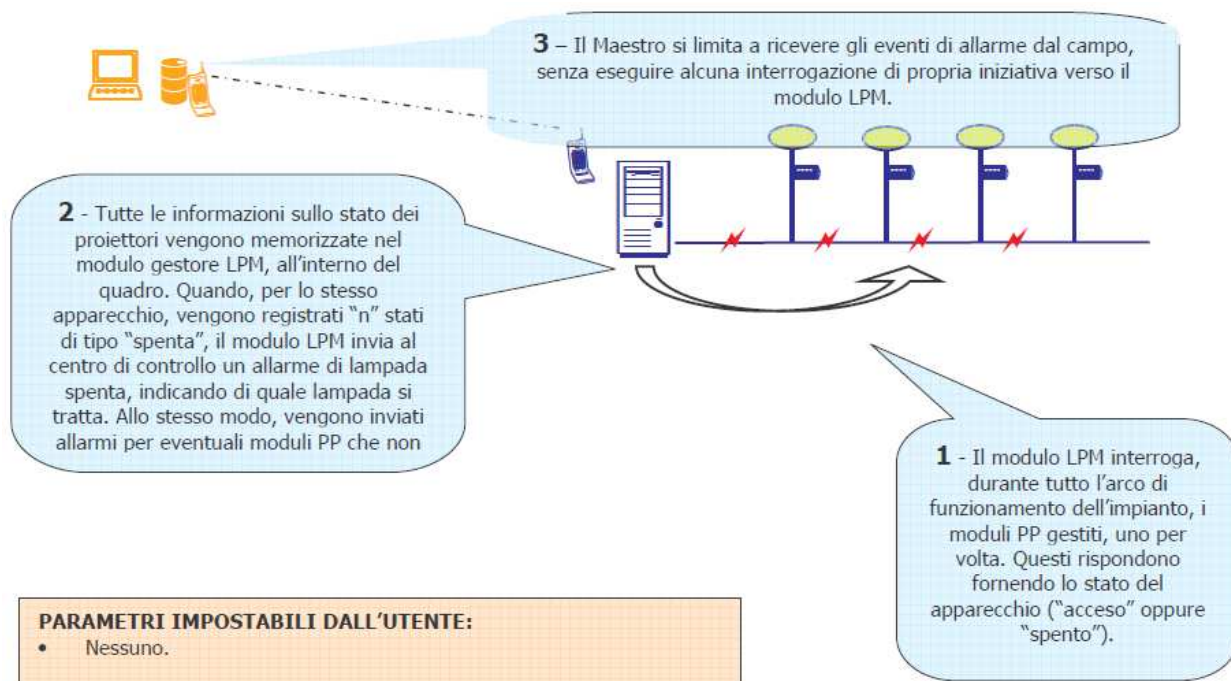
All'interno del software Maestro, poi, le anomalie che si ripetono in modo consecutivo danno luogo a veri e propri eventi, secondo i criteri illustrati più avanti.

La lettura dei parametri del proiettore può avvenire in modo automatico (polling gestiti ad orario dal modulo LPM) oppure in modo manuale, su richiesta del Maestro, ad esempio nell'utilizzo del sinottico interattivo: in questo caso tutte le richieste del software vengono passate all'LPM e tradotte in messaggi ad onde convogliate verso i moduli punto-punto; la loro risposta viene tradotta dal modulo LPM e trasmessa al Maestro.

5.16.11 Rilievo dello stato del proiettore (acceso / spento)

Oltre alle informazioni sui parametri elettrici del proiettore, è possibile limitare la richiesta verso i moduli punto-punto alla sola informazione sullo stato (acceso / spento).

Nell'immagine sottostante è rappresentato il principio di funzionamento del rilievo dello stato del proiettore.



In questo caso, il modulo LPM esegue solo una richiesta di "lettura stato", che registra nella propria memoria. Dopo un certo numero di letture di stato con esito "lampada spenta"

consecutive, l’LPM trasmette al centro di controllo un allarme di proiettore spento, indicando il codice del modulo punto-punto interessato.

Con questa funzionalità, eventuali mancate risposte o messaggi incomprensibili, vengono registrati e contati: dopo un certo numero di errori di comunicazione viene trasmesso un allarme al centro di controllo.

In questo caso, l’informazione sullo stato del proiettore è basata esclusivamente sul dato trasmesso dal modulo punto-punto: non è possibilità di rilevarla dalle misure, in quanto queste non vengono eseguite.

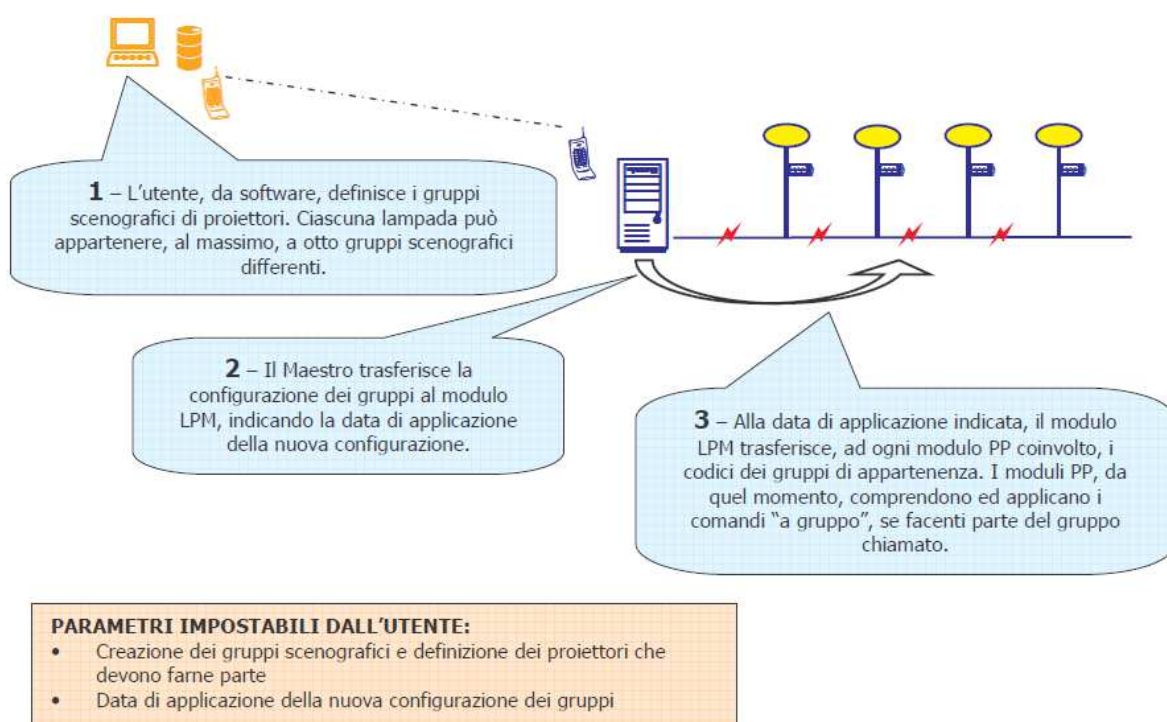
5.16.12 Gestione dei gruppi di proiettori

Ciascun modulo punto-punto può appartenere a più gruppi, fino ad un massimo di 16 gruppi. I gruppi possono essere utilizzati in alternativa ai singoli moduli per alcuni comandi definiti “broadcast” o “comandi a gruppo”.

Nell’immagine sottostante è rappresentato il principio di funzionamento delle impostazione dei gruppi scenografici di proiettori.

Questi comandi, che non presuppongono risposta da parte del modulo punto-punto, in quanto rivolti a più moduli, possono riguardare:

- Comandi di ACCENSIONE
- Comandi di SPEGNIMENTO
- Comandi di REGOLAZIONE del flusso



Comandi di MINIMO CONSUMO

I comandi broadcast sono utilizzati, oltre che da alcune funzioni di controllo manuale presenti nel software Maestro, anche in automatico dal modulo LPM, tramite il sistema di scenografia, ad orario e ad evento. Le scenografie, infatti, non si rivolgono direttamente ad un modulo punto-punto, ma esclusivamente a gruppi di moduli.

Affinché i comandi suddetti possano funzionare, è necessario che nella memoria dei moduli punto-punto vengano scritti i codici dei gruppi di proiettori di appartenenza. Questa funzione di programmazione viene eseguita dall'LPM, in quanto questi dati sono replicati nella memoria del modulo LPM, su richiesta del software Maestro.

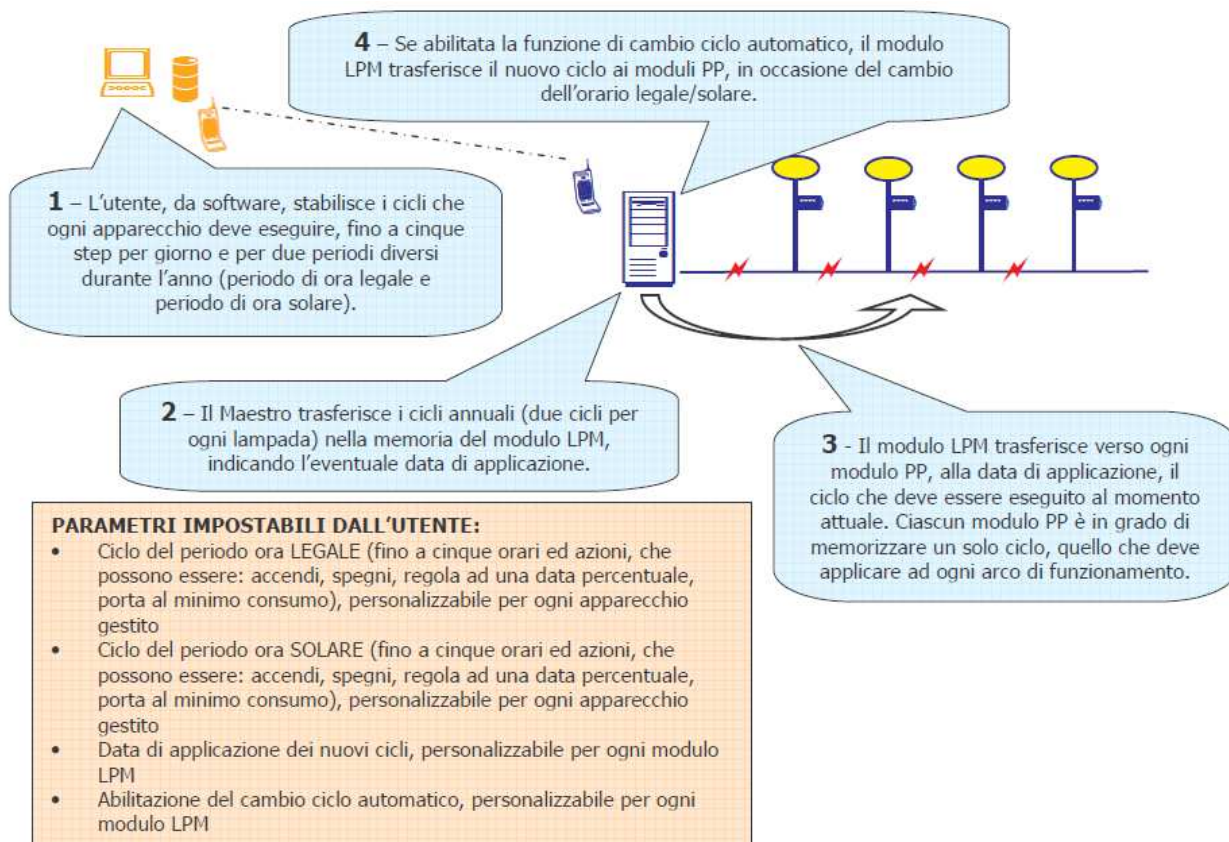
Utilizzo dei cicli (di riduzione, accensione o spegnimento) per singolo proiettore

Ciascun modulo punto-punto mantiene, nella propria memoria, alcune informazioni riguardanti il ciclo da utilizzare per il proiettore. Il ciclo del singolo proiettore viene applicato ogni giorno, ad orari prefissati, fino a cinque step in cui è possibile definire: orario di applicazione, azione da eseguire.

Nel caso di modulo di tipo LPL sarà possibile ridurre il flusso ad una determinata percentuale.

Il modulo punto-punto, quindi, è autonomo nella gestione del ciclo del proprio proiettore, anche se dovesse venire a mancare la comunicazione con il modulo gestore.

Nell'immagine sottostante è rappresentato il principio di funzionamento dei cicli sui singoli proiettori



Nell’arco dell’anno sono disponibili due cicli: uno per il periodo dell’ora legale, l’altro per il periodo dell’ora solare. Entrambe i cicli sono memorizzati, per ciascun modulo punto-punto, all’interno della memoria del modulo LPM, ma solo quello da applicare viene memorizzato nel modulo punto-punto. Allo scadere del periodo, oppure su richiesta del Maestro da parte dell’utente, il modulo gestore LPM provvedere a trasferire il nuovo ciclo da applicare nella memoria del modulo punto-punto.

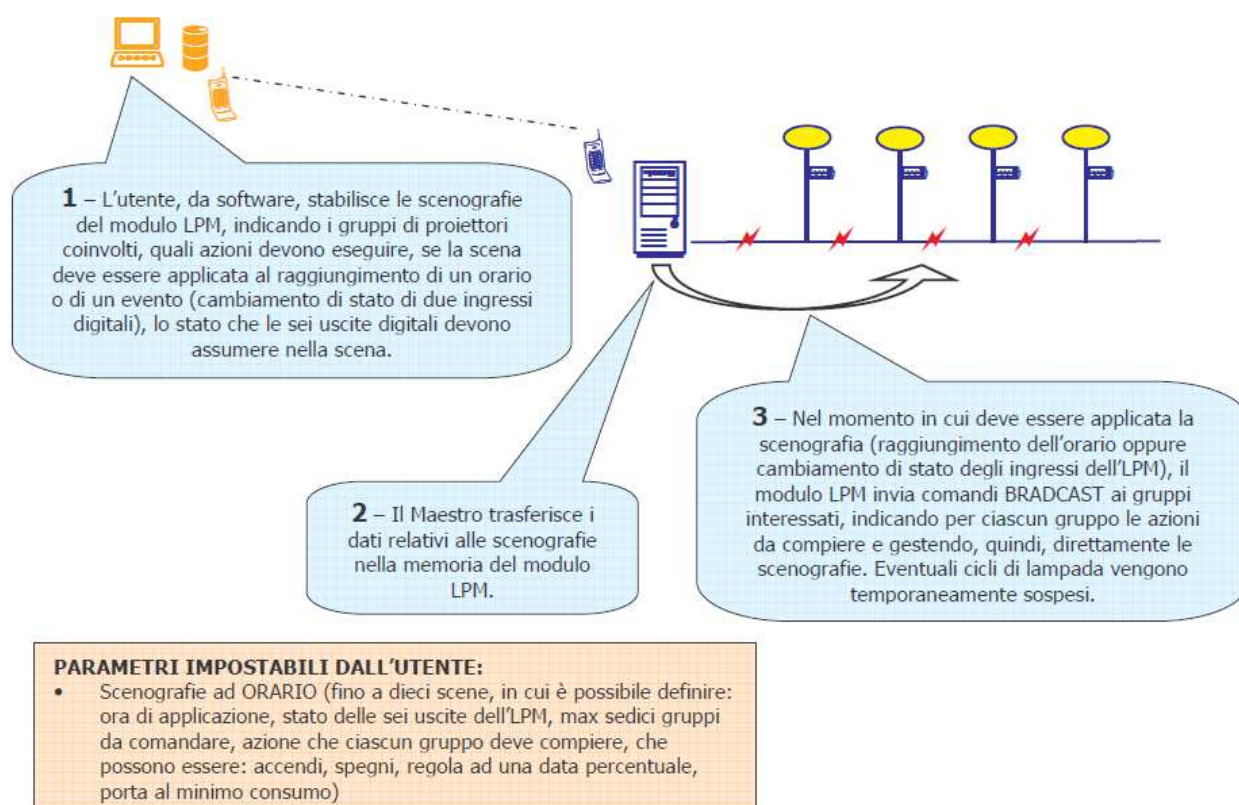
5.16.13 Utilizzo delle scenografie centralizzate

Le “Scenografie” sono gestite direttamente dal modulo gestore LPM: nessun dato relativo alle scenografie viene memorizzato nei moduli punto-punto. Il modulo LPM invia ordini di accensione, spegnimento, dimmerazione a GRUPPI di moduli punto-punto, che diventano puri esecutori dei comandi ricevuti.

Le scenografie possono avere inizio al raggiungimento di un orario prefissato oppure, in alternativa, al verificarsi di un evento (cambio di stato logico di due ingressi digitali presenti sull’LPM).

Per ogni evento o orario, è possibile definire fino a 16 gruppi, a cui attribuire una azione diversa per ciascuno. Le azioni selezionabili sono: spegnimento, accensione, data percentuale di riduzione, valore di minimo consumo.

Nell'immagine sottostante è rappresentato il principio di funzionamento delle scenografie gestite dal modulo LPM.



Al verificarsi dell'evento o al raggiungimento dell'orario, il modulo LPM invia, ai gruppi prescelti, i comandi definiti; ad esempio, alcuni gruppi ridurranno la propria luminosità, altri si accenderanno, ecc.

Oltre alle azioni, per ogni evento od orario è possibile definire anche lo stato delle 6 uscite digitali presenti nel modulo LPM, che possono essere utilizzate per comandare eventuali automatismi esterni (PLC, teleruttori, segnalazioni, ecc.).

5.16.14 Attività di messa a punto

Alla fine dei lavori sarà verificata la programmazione dei moduli LIT, LPM, LPM-X / MEM per consentire di inviare la situazione di stato e di allarme al "centro di controllo", secondo le indicazioni del Committente.

Sarà inoltre verificata la ricezione e la trasmissione dei dati in condizioni di normale uso.

Per l’occasione verrà importata la planimetria dell’impianto elettrico nell’ambito del software di gestione con la redazione di una relazione tecnica attestante la programmazione ed i rilievi della potenza nominale, la potenza prelevata a valle, la potenza prelevata totale con Booster di regolazione e differenza in percentuale della minor potenza.

I livelli di illuminamento e di luminanza saranno ottenuti con la programmazione del quadro elettrico con regolatore di tensione con i seguenti parametri:

- tensione di servizio serale: 210/220V (1.500 ore all’anno)
 (dall’imbrunire alle ore 23.00)
- tensione di servizio notturno: 185V (2.700 ore all’anno) (dalle ore
 23.00 all’alba)

La tensione di esercizio potrà essere programmata liberamente in funzione alle esigenze della viabilità.

Per ogni categoria illuminotecnica e stradale e per ciascuna configurazione di sezione è stato eseguito il calcolo illuminotecnico, con i relativi parametri normativi di riferimento precedentemente citati. I risultati sono stati riportati nella relazione “calcoli illuminotecnici e cadute di tensione”.

5.17 SPECIFICHE TECNICHE DEI MATERIALI E DELLA LORO POSA IN OPERA

Tutte le forniture avranno le caratteristiche tecniche dettagliatamente descritte nel capitolato speciale d’appalto, nella Relazione Tecnica e negli elaborati grafici di progetto, e saranno poste in opera a perfetta regola d’arte, corredate da tutti gli accessori necessari anche se non specificatamente indicati.

Particolare cura sarà posta nel disporre le suddette forniture in modo che ne risulti una realizzazione ordinata ed esteticamente accettabile e questo anche per le parti non in vista. I materiali e le apparecchiature da usare nell’esecuzione degli impianti elettrici saranno tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche e dovute all’umidità alle quali potranno essere esposti durante l’esercizio.

I materiali e gli apparecchi dovranno essere rispondenti alle Norme CEI e alle tabelle di unificazione CEI - UNEL ove queste esistono.

La rispondenza dei materiali e delle apparecchiature alle prescrizioni di tali Norme e tabelle sarà attestata dal Marchio IMQ e dalla certificazione della ditta costruttrice.

5.17.1 Tubi protettivi

Saranno in polietilene ad alta densità a doppia parete corrugato della serie pesante, di colorazione varia in base alla funzione dei servizi a cui sono destinati, rispondenti alle Norme CEI 23-8 (1973) fasc. 160 e tabella UNEL 3118, con prova allo schiacciamento non inferiore a 450 N, adatto ad impianti interrati. I colori delle tubazioni saranno le seguenti: blu per le

linee di telecomunicazioni, neri e rossi per le linee di energia e grigi per gli impianti di illuminazione.

Tutte le derivazioni saranno eseguite mediante apposite colonnine di smistamento cavi.

Le lunghezze e le dimensioni saranno verificate all'atto dell'installazione in modo da assicurare in ogni caso, una agevole sfilabilità dei conduttori. Il coefficiente di riempimento dei tubi non supererà lo 0,6%; le tubazioni devono essere posate con cura su un letto di sabbia e debitamente ricoperte di magrone, come riportato negli elaborati di progetto.

5.17.2 Cavi e conduttori

I cavi da impiegare negli impianti d'Illuminazione esterna saranno conformi al regolamento CPR e saranno del tipo FG16(O)R16 0,6/1kV in esecuzione unipolare e posati entro tubazioni in PEAD interrate e del tipo non propagante l'incendio secondo le Norme CEI 20-22 II e 20.37.

Per il cablaggio delle apparecchiature contenute nel Quadro Elettrico si potranno utilizzare conduttori FS17 del tipo non propagante l'incendio secondo le Norme CEI 20-22 II.

Per il conduttore di terra si utilizzerà il tipo FS17 isolato di colore Giallo/Verde inserito all'interno delle tubazioni in PEAD interrate per la realizzazione della connessione equipotenziale.

La distribuzione dell'alimentazione elettrica ai sistemi di illuminazione sarà eseguita mediante linee in uscita dal quadro principale.

La sezione dei conduttori di fase è dimensionata in modo coordinato in base:

- All'entità del carico,
- Al valore limite della caduta di tensione ammissibile nel punto più remoto delle di ogni singola dorsale assunto alla base del dimensionamento pari al 3% del valore della tensione nominale;
- Alle modalità di posa;
- Alla contemporaneità delle utenze alimentate.

All'interno degli elaborati di progetto sono indicate le sezioni dei conduttori attraverso schemi di principio che riportano la suddivisione dei corpi illuminanti per le diverse linee di alimentazione, il numero dei cavi e le sezioni dei conduttori che concorrono a costituire le linee mentre, sono riportate nelle maschere complementari associate agli schemi funzionali dei quadri di bassa tensione, la tipologia dei cavi impiegati e la prestazione degli stessi in termini di caduta di tensione.

La distinzione delle fasi e del neutro, in presenza di linee formate con cavi unipolari, sarà evidenziata esternamente sulla guaina protettiva esterna attraverso l'applicazione di guaine

termorestringenti diversamente colorate in modo da individuare in modo univoco le fasi, mentre per i cavi multipolari saranno diversamente differenziati i colori delle guaine interne isolanti i conduttori di fase rispetto al conduttore di terra.

5.17.3 Apparecchi illuminanti viabilità esterna

Tutti gli apparecchi illuminanti impiegati saranno conformi alle Norme CEI 34.21 ed avranno un grado di protezione IP66 e certificati al fine della prevenzione dell'inquinamento luminoso. Saranno montati su pali conici in lamiera di acciaio zincata a caldo con sbraccio decorativo di lunghezza fino a 2,5 m.

I corpi illuminanti avranno potenze variabili, a seconda della configurazione stradale.

Corpo e finitura

- Corpo in alluminio pressofuso verniciato a polvere poliestere;
- Accesso diretto senza utensili al vano ausiliari e al blocco ottico rilasciando le clip laterali e ruotando il coperchio verso il basso. I connettori rapidi ne permettono una facile rimozione;
- Colore: Grigio AKZO 900 sabbato;
- Coefficienti aerodinamici apparecchio: Cd.S (resistenza): 0.078m²; Cs.S (laterale): 0.036m²; Cl.S (portanza): 0.115m²;
- Ermeticità - ausiliari & blocco ottico: IP66;
- Resistenza agli urti: IK09.

Installazione

- Elemento di fissaggio reversibile in alluminio pressofuso;
- Diametro 32-48, 48-60mm o 76mm, serrato con 2 viti in acciaio inox;
- Permette l'inclinazione su palo verticale da 0 a +15°; su codolo orizzontale da 0 a -15° con intervalli di 5°;
- Accesso senza utensili per la manutenzione;

Blocco ottico

- Blocco ottico "FutureProof", sostituibile in loco, contenuto nel coperchio con una guarnizione removibile - Shore50;
- Protetto contro il degrade delle lenti attraverso un vetro temprato extra chiaro da 5mm;
- PCB piana con lenti in acrilico disposte secondo il principio di sovrapposizione;
- Diverse distribuzioni fotometriche: da strade strette ad autostrade, medie e grandi aree;

- CRI > 70;
- ULR: 0%;

Decadimento del flusso luminoso dei LED

- Flusso residuo al termine della durata di vita @ Tq=25°C @ 100.000 ore: 350mA & 500mA: 90%; 700mA: 80%.

Caratteristiche elettriche

- Classe II;
- Tensione nominale: 120-277V - 50-60Hz;
- Fattore di potenza > 90% a pieno carico;
- Protezione ai picchi di tensione fino a 10kV, 10kA;
- La corrente viene sezionata automaticamente all'apertura;
- Protezione termica sulla PCB.

Certificazioni

- CE;
- ENEC;
- LM79-80;
- ETL;
- ROHS;
- Misure rilevate in laboratorio accreditato ISO17025.

5.17.4 Apparecchi illuminanti gallerie

I corpi illuminanti utilizzati per i rinforzi di galleria sono con tecnologia a diodo led.

Rinforzi

CORPO e FINITURA

- Corpo in alluminio pressofuso verniciato a polvere poliestere
- Protettore: vetro temprato
- Viti in acciaio inox
- Colore: Grigio AKZO 900 sabbato
- Cl.S (frontale 45°): 0.168m²
- Ermeticità – blocco ottico: IP 66
- Ermeticità – vano ausiliari: IP 66
- Resistenza agli urti: IK 08

INSTALLAZIONE

- Staffa standard a “U” per installazione diretta (2 x M12, 4 x M8 or 1 x M20)
- Inclinazione in loco
- Staffe adatte per le versioni Duo (2 moduli) e Trio (3 moduli)
- Accessori aggiuntivi per il montaggio:
- Supporto verticale o tubo con collari per pali di diametro 60 e 76mm
- Fissaggio diretto post-top per diametri fino a 60mm (versione singola)
- Ingresso laterale per diametri fino a 60mm (versione singola e doppia)
- Dotato di cavo uscente per una installazione facilitata con connettore rapido

BLOCCO OTTICO

- Blocco ottico “FutureProof”, sostituibile in loco, sigillato al corpo tramite una guarnizione removibile Shore 50
- Protetto contro il degrado delle lenti da un vetro temprato extrachiaro da 5mm
- PCB piana con lenti in materiale acrilico basate sul principio di sovrapposizione
- CRI > 70
- ULR: 0%

Decadimento del flusso dei LED

- Flusso residuo al termine della durata di vita @ Tq=25°C @ 100.000 ore: 350mA & 500mA: 90%; 700mA: 80%

CARATTERISTICHE ELETTRICHE

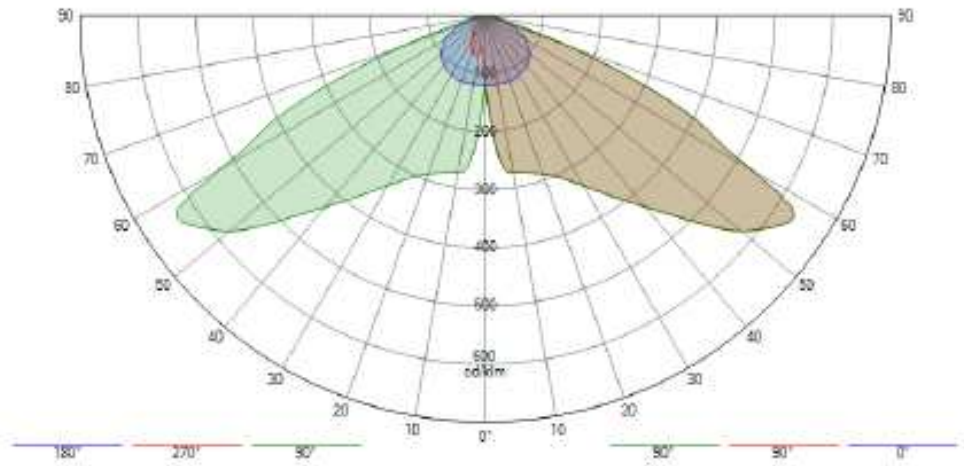
- Classe II
- Tensione nominale: 120-277V - 50-60Hz
- Fattore di potenza > 90% a pieno carico
- Protezione alle sovratensioni 10kV
- Corrente sezionata automaticamente all’apertura

CERTIFICAZIONI

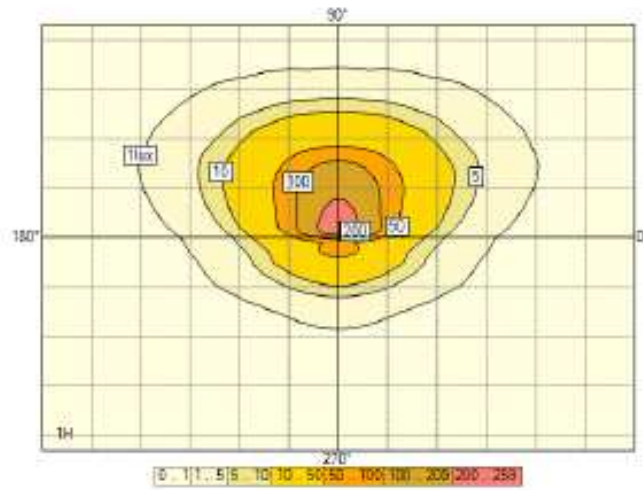
- CE
- ENEC
- LM79-80
- ETL
- ROHS
- Tutte le misurazioni sono effettuate in un laboratorio accreditato ISO17025.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

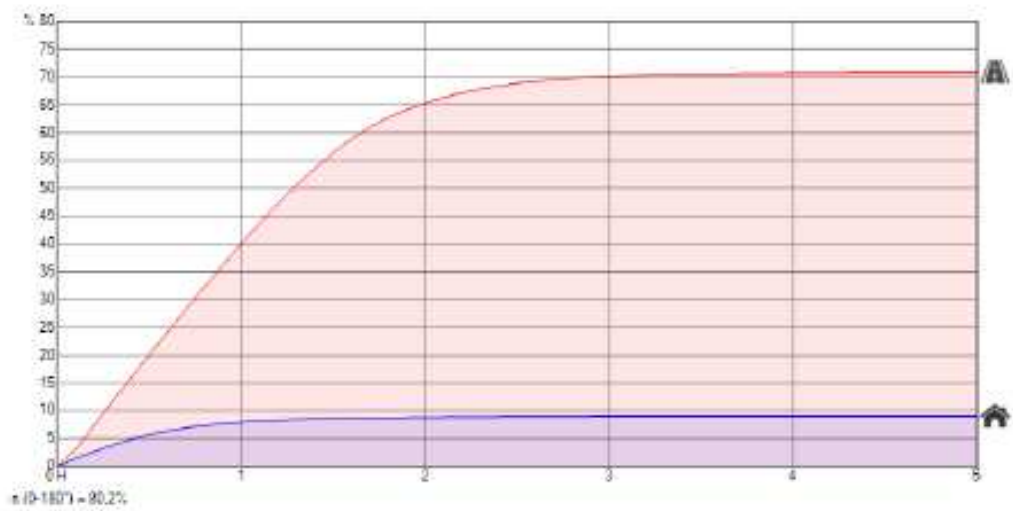
Diagramma polare/cartesiano



Isolux



Curva K



Rinforzi e permanente

CORPO E FNITURA

- Corpo in alluminio estruso protetto contro l'ossidazione elettrolitica (classe 15)
- Testate: alluminio pressofuso verniciato a polvere poliestere
- Viti in acciaio inox
- Protettore: vetro temprato termicamente
- Una portella su una delle testate permette l'accesso al vano ausiliari. Connettori rapidi permettono una rimozione agevolata della piastra ausiliari
- Colore: RAL 7040 grigio chiaro

INSTALLAZIONE

- Equipaggiato con tutti i tipi di sistemi di fissaggio
- Staffa standard regolabile: una staffa inclinabile da -60° a +60° permette una precisa regolazione in loco

BLOCCO OTTICO

- Protetto contro la degradazione delle lenti da un vetro temprato extra chiaro dello spessore di 5mm
- PCB piana con lenti in materiale acrilico basate sul principio di sovrapposizione
- Diverse distribuzioni fotometriche per illuminazione di tunnel urbani, autostradali, ferroviari e sottopassi
- Distribuzioni fotometriche simmetriche o asimmetriche per un'eccellente uniformità di luminanza
- CRI > 70
- ULOR: 0%

Decadimento del flusso dei LED (lumen)

- Flusso residuo al termine della durata di vita @ Tq=25°C @ 100.000 ore:
350mA&500mA: 90%; 700mA: 80%

CARATTERISTICHE ELETTRICHE

- Classe II
- Tensione di alimentazione: 120-277V - 50-60Hz
- Fattore di potenza > 90% a pieno carico
- Protezione alle sovratensioni fino a 10kV

CONFORMITÀ E CERTIFICAZIONI

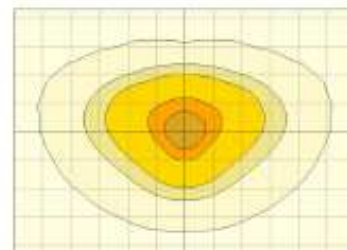
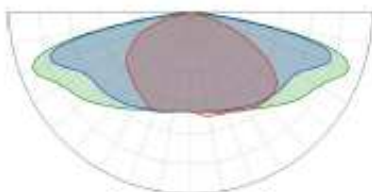
- CE

- ENEC
- LM79-80
- ROHS

FOTOMETRIA

5068AS

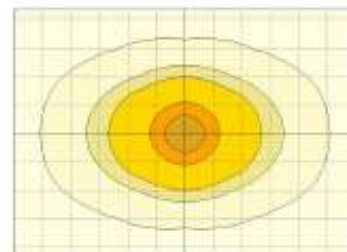
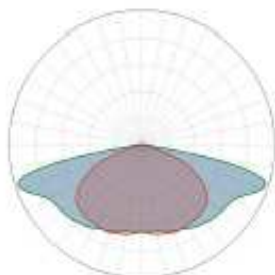
Ampia



5068SY

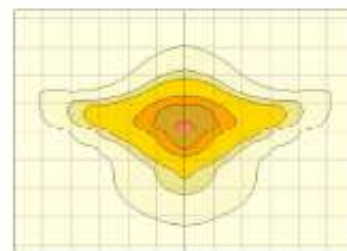
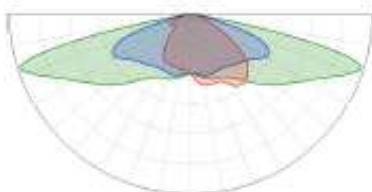
Simmetrica

Ampia



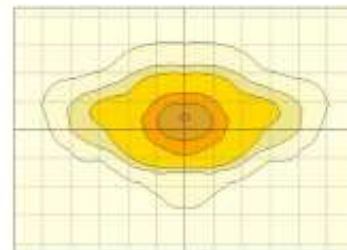
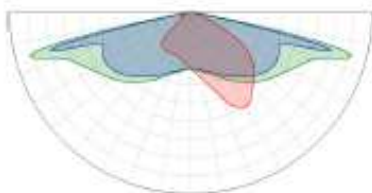
5096AS

Media



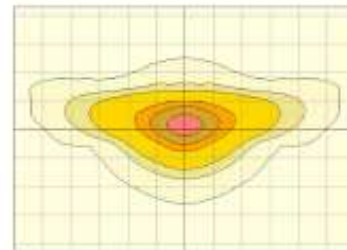
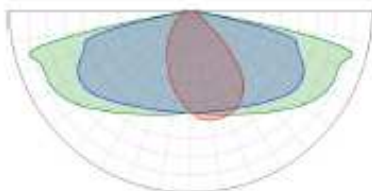
5098AS

Media

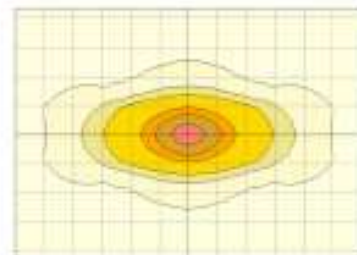
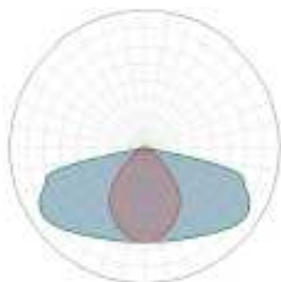


5102AS

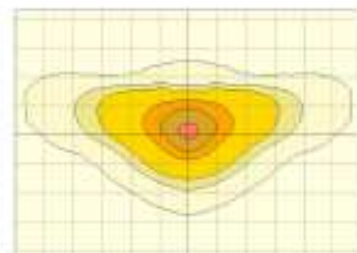
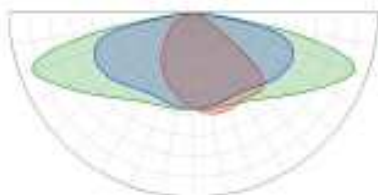
Media



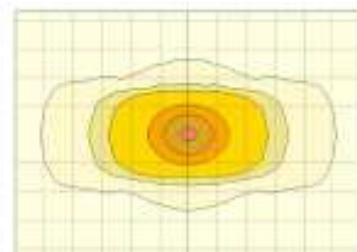
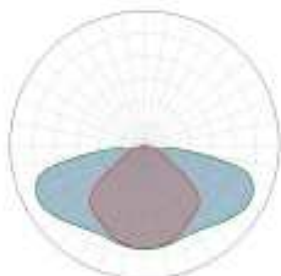
5102SY
Simmetrica
Media



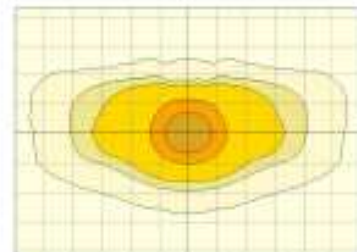
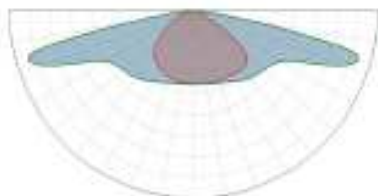
5103AS
Ampia



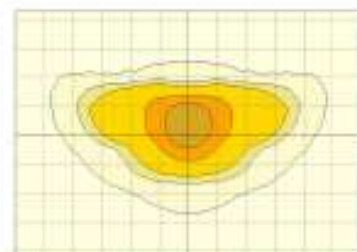
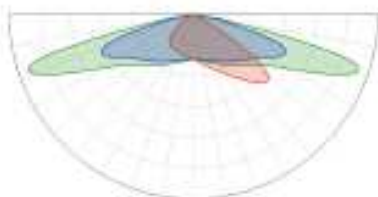
5103SY
Simmetrica
Ampia



5112AS
Ampia

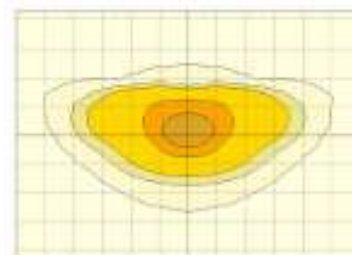
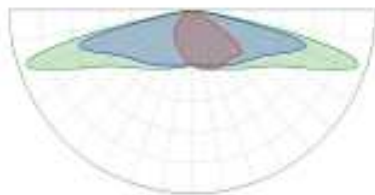


5117AS
Ampia



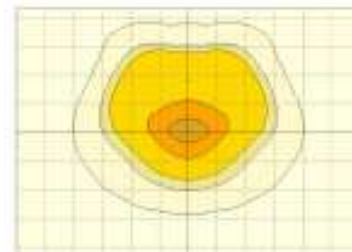
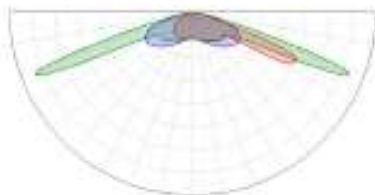
5118AS

Media



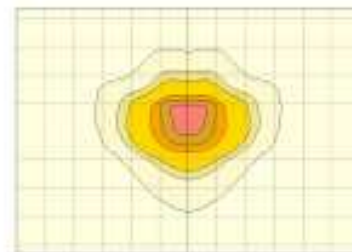
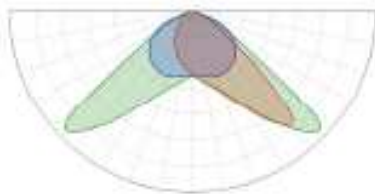
5119AS

Extra-ampia



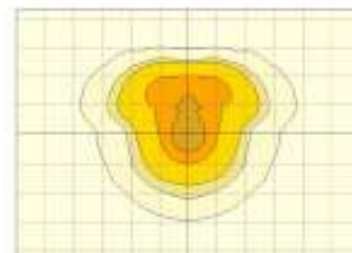
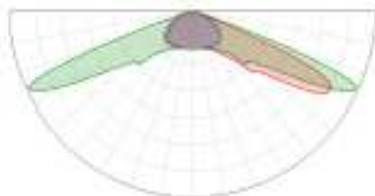
5120AS

Asimmetrica 40°



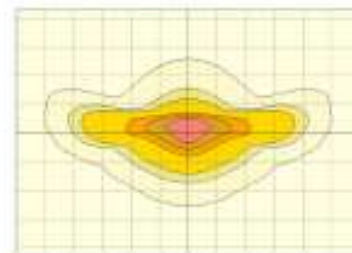
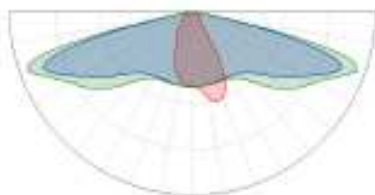
5121AS

Asimmetrica 60°



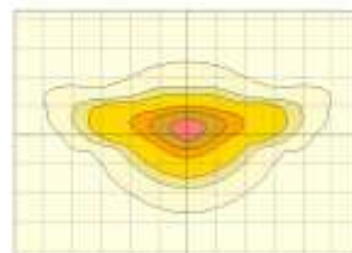
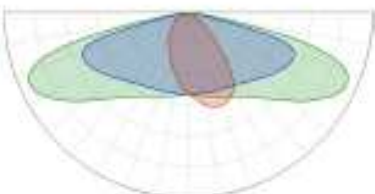
5136AS

Stretta



5137AS

Media



5.17.5 *Blocchi di fondazione e pozzetti di derivazione*

Tutte le palificazioni metalliche, saranno munite del relativo blocco di fondazione in cls prefabbricato con pozzetto di ispezione integrato con chiusino in ghisa carrabile adatto a consentire il raccordo tra cavidotti di linea, ed il tubo di risalita alla morsettiera integrata al palo di sostegno. Le dimensioni saranno proporzionali alle caratteristiche del palo, con caratteristiche evidenziate dalle tavole progettuali. I pozzetti avranno dimensioni interne di cm 50x36. La risalita dal pozzetto alla morsettiera saranno previsti due tubazioni Ø 40 mm fino alla base della canalina di protezione.

In tali blocchi di fondazione, saranno costituiti il foro per l’infissione del palo, di dimensioni leggermente superiori al diametro di base del palo stesso ed ove necessario i fori di canalizzazione dei cavi elettrici. Il foro centrale, dovrà avere un fondello in cls di spessore non inferiore a cm. 20.

Il fissaggio del palo nel suo basamento, sarà eseguito previo perfetto appiombamento del palo stesso, con colatura a rifiuto di sabbia finissima mista a cemento nell’intercapedine tra il palo ed il foro di contenimento predisposto.

I pozzetti rompitratta degli impianti di illuminazione sono previsti in esecuzione prefabbricata in calcestruzzo vibrato armato con rete elettrosaldata, preformati per l’ispezione e/o la posa dei cavi ubicati ad una interdistanza compatibile con la forza applicabile al tiro dei cavi durante le operazioni di posa in opera. I pozzetti sono previsti ogni qualvolta si sia in presenza di interdistanze significative, di attraversamenti stradali, di cambi di direzione per cui il tiro dei conduttori durante le lavorazioni di posa diventa essere particolarmente gravoso.

Ogni pozzetto sarà costituito da un elemento a cassa con pareti laterali preformate per l’innesto dei cavidotti, fondo drenante alla base, attraverso un foro eseguito in sede di prefabbricazione, ed un chiusino in ghisa di tipo carrabile. In corrispondenza dei centri di smistamento cavi il foro alla base dei pozzetti consentirà l’infissione di dispersori verticali di terra.

5.17.6 *Palificazioni*

Pali Conici ottenuti mediante coniatura a freddo e successiva Saldatura longitudinale con procedimento di *Saldatura in Automatico MAG* eseguita con processo automatico omologato in accordo alla *Norma UNI EN 1418*

Palo Conico Arredo tipo 180 x 4 x 13.500 mm (*Fuori Terra max 12,5 m*) con le seguenti caratteristiche ed accessori:

- Braccio Arredo Singolo L max. 2500 mm a sezione conica calandrato su centro a controllo numerico, completo di bulloneria inox per montaggio;

- Completo di lavorazioni Standard di base;
- Asola ingresso cavi 50 x 150 mm a 600 mm;
- Impianto in Classe II;
- Asola 45 x 186 mm a 1800 mm completo di Portello a Filo con Morsettiera Quadripolare (IP 54 / Classe II);
- Manicotto Tubolare Termorestringente H 450 mm applicato a caldo su sezione di incastro Materiale: Acciaio S 235 JR UNI EN 10025;
- Finitura superficiale : Zincatura a caldo a Norme UNI EN 1461;
- Tolleranze Dimensionali UNI EN 40 / 2;
- Dimensionamento UNI EN 40 / 5 - 3.

I sostegni dei punti luce saranno infissi nei rispettivi blocchi di fondazione.

Tutti gli steli dei punti luce sono previsti zincati a caldo, bitumati esternamente alla base, protetti in corrispondenza della sezione di incastro con rivestimento protettivo aggiuntivo.

5.17.7 Impianti di segnalazione luminosa antinebbia

Per la segnalazione del percorso agli utenti in caso di nebbia, è previsto l'utilizzo di appositi segnalatori a due luci a led.

Tali segnalatori saranno installati su due diverse file, una per ciascuna carreggiata, con una interdistanza pari a circa 10 m, come indicato negli appositi elaborati grafici.

Le principali caratteristiche dei segnalatori antinebbia sono le seguenti:

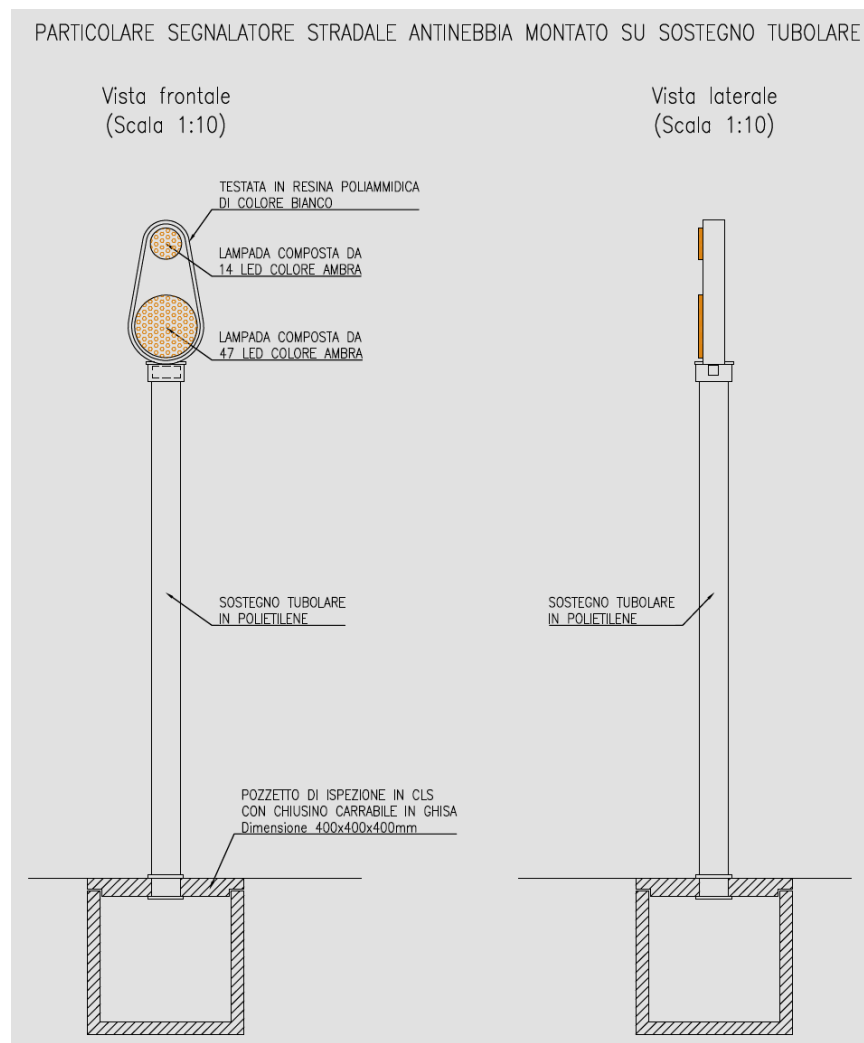
- Componenti testata stampati in resina poliammida di colore bianco;
- Sostegno tubolare in polietilene ad alta densità molecolare ed elevata resistenza ai raggi U.V.;
- Assemblaggio con viteria in acciaio inox AISI 304;
- Morsettiera 4x16 mmq;
- Apparato ottico inferiore con lampada costituita da 81 LED colore ambra;
- Apparato ottico superiore con lampada costituita da 24 LED colore ambra;
- Grado di protezione dell'apparato ottico IP67 secondo CEI EN 60529;
- Sostegno con giunto sferico orientabile realizzato con lega d' alluminio anodizzata per applicazione fissa su pozzetti;
- Altezza centro lampada inferiore - piano di appoggio dello snodo di 1500 mm.

Tutti i segnalatori saranno alimentati a 48 Vac da apposite centraline (C.A.), posizionate all'interno di armadi in acciaio inox (per il posizionamento degli armadi si rimanda agli elaborati grafici); ciascuna centralina dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tensione alimentazione 230 Vac
- Tensione in uscita 48 Vac;
- Numero canali in uscita 3
- Carico massimo per canale 13 A.

Ciascuna centralina consentirà diversi tipi di funzionamento e l’impianto dovrà essere cablato in relazione al tipo di funzionamento prescelto; le possibili modalità di funzionamento sono:

- Lampeggio alternato
- Lampeggio ad inseguimento – rincorsa a 3 canali
- Accensione continua.



6 CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Nel documento J16L1_120102003_0101_OPD sono riportati, in ordine cronologico, i calcoli illuminotecnici interni alle gallerie ed i calcoli illuminotecnici stradali effettuati suddividendo le aree in diverse zone omogenee, in funzione della larghezza delle carreggiate.

Nella tabella che segue sono riepilogati i calcoli illuminotecnici effettuati per la viabilità in progetto. I risultati rispettano i valori illuminotecnici normativi, precedentemente descritti.

N. calcolo	Tipo strada	Velocità	Categoria stradale	Descrizione	N. corsie marcia	Larghezza corsia marcia	N. corsie emergenza/banchina	Larghezza corsia emergenza/banchina	Arretramento palo-guardrail	Distanza palo-corsia di marcia normale	Sbraccio	Distanza lampada corsia di marcia normale	Altezza palo	Interdistanza (min. 3,7 alt)
1	Autostrada extraurbana	130	M1 (2 cd/mq)	Tratti autostradali in avvicinamento alle gallerie	2	3,75	1	3	2,1	5,1	2,5	-2,6	13	47
2	Autostrada extraurbana	130-40	M1 (2 cd/mq)	Corsia di accelerazione/decelerazione	1	3,75	1	2,5	2,1	4,6	2,5	-2,1	12	45
3	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa monodirezionale di svincolo su viadotto e normale	1	4,00	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	12	45
4	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa monodirezionale di svincolo	1	4,00	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	10	37
5	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa bidirezionale di svincolo, su viadotto e normale	2 (+1)	4	1	1	2,1	3,1	2,5	-0,6	12	45
6	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa monodirezionale di svincolo	1	4,00	1	3	2,1	5,1	2	-3,1	10	37
7	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa bidirezionale di svincolo	3 (+1)	4,00	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	12,5	47
8	Strade locali extraurbane (F2)	70	M2 (1,5 cd/mq)	Viabilità esterna	2	3,25	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	9,5	36
9	Strade locali extraurbane (F2)	50	C2 (20 lux)	Rottoria viabilità esterna	2	4,5	1	1	2,1	3,1	2	-1,1	10	37
10	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa di svincolo su viadotto	2	4	1	4	2,1	6,1	2	-4,1	12	45
11	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	40	M2 (1,5 cd/mq)	Rampa di svincolo	2	4	1	4	2,1	6,1	2	-4,1	13	47