

Provincia di Cuneo
 S.S. 28 del Colle di Nava
 Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. TO08

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	MANDATARIA: 	MANDANTI:  MATILDI+PARTNERS
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>	IL PROGETTISTA: <i>Ing. Andrea Renso Ordine Ingegneri Verona n. A2413</i>	GRUPPO DI PROGETTAZIONE: COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE: <i>Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A</i> COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: <i>Ing. Edoardo Piccoli – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A3381</i> OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA: <i>Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984</i> OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI: <i>Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550</i> GEOTECNICA: <i>Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598</i> IDROLOGIA ED IDRAULICA: <i>Ing. Simone Venturini – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515</i>
IL GEOLOGO: <i>Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL Ordine Geologi Veneto n. A501</i>	IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513</i>	
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Giuseppe Danilo Malgeri</i>		
PROTOCOLLO:	DATA:	

19 – IMPIANTI TECNOLOGICI

Relazione illuminotecnica impianti di galleria e di svincolo

CODICE PROGETTO 	NOME FILE 19.03_P00_IM00_IMP_RE03_B	PROGR. ELAB. 19.03	REV. B	SCALA: -
	CODICE ELAB. 			
D				
C				
B	ISTRUTTORIA ANAS	Mag. 2020	Technital	Ampezzan Piccoli Renso
A	EMISSIONE A	Mar. 2020	Technital	Ampezzan Piccoli Renso
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	1
1.1	Oggetto del documento.....	1
1.2	Note relative a marchi commerciali.....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
2.1	Norme di carattere generale.....	3
2.2	Norme elettriche di carattere generale.....	3
2.3	Norme impianti di illuminazione.....	3
2.4	Prodotti da costruzione.....	4
3	REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE DI GALLERIA.....	5
3.1	Finalità dell'impianto d'illuminazione della galleria.....	6
3.2	Diagrammi decisionali per l'illuminazione diurna.....	7
3.3	Obiettivo del progetto di illuminazione della galleria.....	11
3.4	Zone e relativi problemi di visuale.....	13
1.1.1.	Zona di accesso.....	13
1.1.2.	Zona di soglia.....	13
1.1.3.	Zona di transizione.....	14
1.1.4.	Zona interna.....	14
1.1.5.	Zona di uscita.....	17
3.5	Illuminazione notturna.....	17
3.6	Illuminazione nelle ore diurne.....	17
3.7	Prevenzione del flicker.....	18
3.8	Criteri di determinazione delle luminanze di velo.....	19
1.1.6.	Determinazione delle luminanze stradali.....	19
1.1.7.	Impianti controflusso.....	23
1.1.8.	Luminanza stradale per l'illuminazione permanente.....	24
4	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI GALLERIA.....	25
4.1	Illuminazione di rinforzo.....	25
1.1.9.	Galleria naturale S. Lorenzo (dir ovest).....	25
1.1.10.	Galleria artificiale imbocco est (dir ovest).....	27
1.1.1.	Galleria artificiale imbocco ovest (dir est).....	29

5	RIEPILOGO DATI DI CALCOLO	31
6	ILLUMINAZIONE VIABILITÀ ESTERNA.....	32
6.1	Prescrizioni illuminotecniche	32
6.2	Considerazioni generali sulle Norme UNI EN 11248.....	32
6.3	Campo di applicazione	33
6.4	Informazioni per la definizione degli impianti	34
6.4.1	Zone di studio	34
6.4.2	Categorie illuminotecniche	34
6.4.3	Tipi di impianto	34
6.4.4	Funzionalità	35
6.4.5	Sovradimensionamento dell'impianto.....	35
6.5	Criteri di individuazione delle categorie illuminotecniche	35
6.6	Criteri di suddivisione delle zone di studio	36
6.6.1	Premessa	36
6.6.2	Strade a traffico veicolare.....	36
6.6.3	Strade di classe F	36
6.6.4	Piste ciclabili e strade ove gli utenti principali sono i pedoni (velocità della marcia a piedi)	37
6.6.5	Zone di conflitto	37
6.6.6	Presenza di rallentatori di velocità.....	37
6.6.7	Presenza di attraversamenti pedonali.....	37
6.7	Classificazione delle strade ed individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi	38
6.7.1	Classificazione delle strade	38
6.7.2	Categoria illuminotecnica di ingresso.....	38
6.7.3	Classificazione delle strade ai fini illuminotecnici.....	40
6.7.4	Requisiti per il traffico motorizzato.....	41
6.7.5	Requisiti per le zone di conflitto	41
6.7.6	Requisiti per pedoni e ciclisti.....	42
6.8	Analisi dei rischi.....	43
6.8.1	Premessa	43
6.8.2	Analisi	43
6.8.3	Parametri di influenza.....	44
6.8.4	Metodologia operativa.....	46
1.1.1	Sintesi conclusiva fasi di progettazione illuminotecnica	48
1.2	ZONE DI STUDIO PRESENTI NELL'IMPIANTO	48
6.9	Coefficiente di manutenzione.....	50

6.10	Alimentatori apparecchi a "flusso costante"	50
6.11	Prescrizioni impiantistiche	51
6.12	Caratteristiche generali di una buona illuminazione	51
6.12.1	Controllo dell'abbagliamento debilitante:	52
6.12.2	Apparecchi di illuminazione isolati	53
6.12.3	Resa del colore	53
6.12.4	Gestione in condizioni atmosferiche buone	53
6.12.5	Gestione in condizioni atmosferiche avverse	53
6.12.6	Guida visiva	53
6.12.7	Categorie illuminotecniche comparabili tra zone contigue e tra zone adiacenti	53
6.13	Visione nella Pubblica illuminazione	54
6.14	Illuminazione Pubblica al servizio del pedone	55
6.15	Limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso	56
6.16	Principali prescrizioni derivanti dalla L.R. Piemonte	56
6.17	Specifiche tecniche dei materiali e della loro posa in opera	57
6.17.1	Scelta ed installazione dei componenti	57
6.17.2	Sezionamento e comando	57
6.17.3	Protezione contro i contatti diretti	58
6.17.4	Prescrizioni generali di posa per cavidotti e polifore	60
6.17.5	Tubi protettivi	61
6.17.6	Cavi e conduttori	61
6.17.7	Apparecchi illuminanti viabilità esterna	62
6.17.8	Blocchi di fondazione e pozzetti di derivazione	66
6.17.9	Palificazioni	66
6.18	Calcoli illuminotecnici	68

1 PREMESSA

1.1 Oggetto del documento

Oggetto della presente relazione, allegata alla documentazione di Progetto, è la descrizione ed il calcolo dei nuovi impianti di illuminazione a LED a servizio della galleria Naturale ed artificiale della nuova Tangenziale di Mondovì.

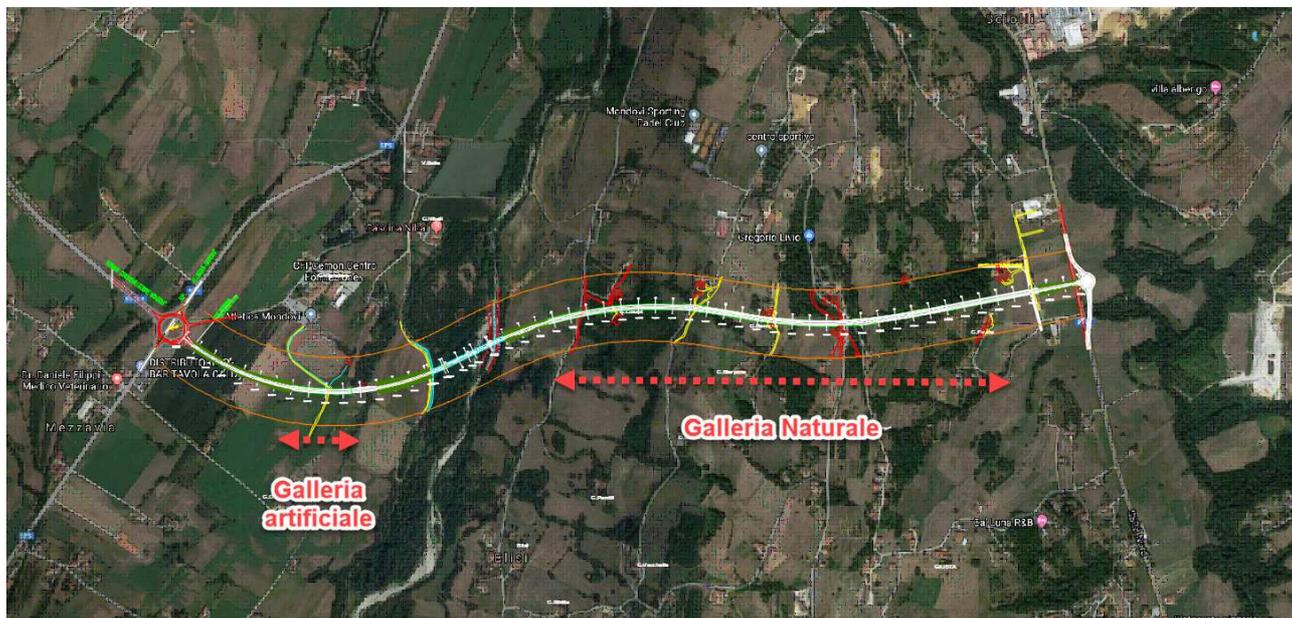
Gli obiettivi ed i riferimenti progettuali da perseguire sono:

Un adeguato livello di luminanza per garantire le idonee condizioni di sicurezza e di confort visivo;

Un contenimento dei costi di realizzazione degli impianti e la riduzione dei costi di gestione e manutenzione;

Una uniformità di illuminazione per tutta la lunghezza della galleria.

Di seguito si riporta l'immagine aerea con l'inquadramento della collocazione inerente le gallerie.



Localizzazione galleria naturale ed artificiale.

1.2 Note relative a marchi commerciali

Le indicazioni di tipi e marche commerciali indicate nel presente documento e nei relativi allegati di calcolo sono da intendersi come dichiarazione di caratteristiche tecniche e come tali non sono vincolanti.

Sono state definite tali tipologie al solo scopo di sviluppo dei calcoli di progetto, al fine di garantire il rispetto e la verifica delle prescrizioni tecniche applicabili all'impianto in oggetto.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nello sviluppo della progettazione illuminotecnica sono state prese a riferimento le normative attualmente vigenti, di seguito richiamate a livello generale.

2.1 **Norme di carattere generale**

- D.Lgs 264/2006 – Attuazione della DIRETTIVA 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete Transeuropea;
- Linee Guida ANAS;
- Raccomandazioni del PIARC (Permanent International Association of Road Congresses).

2.2 **Norme elettriche di carattere generale**

- Legge 1 marzo 1968 n.186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;
- Legge 18 ottobre 1977 n.791 Attuazione della Direttiva del Consiglio delle Comunità Europee (CEE), n.72/73, relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;
- Decreto 22 gennaio 2008 n.37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n.248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- Norma CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- Norma CEI 0-3 Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati;
- Norme CEI 64-8/1-2-3-4-5-6-7 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Comprese tutte le varianti a tali norme.

2.3 **Norme impianti di illuminazione**

- CIE Raccomandazioni CIE;
- Norma CEI 34-21 Apparecchi di illuminazione Parte 1: Prescrizioni generali e prove;
- 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 11630 Luce e illuminazione. Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico;
- Norma UNI 10819 Luce e illuminazione. Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
- Norma UNI EN 13201-1 Illuminazione stradale - Parte 1: selezione delle classi di illuminazione;

- Norma UNI EN 13201-2 Illuminazione stradale - Parte 2: requisiti prestazionali;
- Norma UNI EN 13201-3 Illuminazione stradale - Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- Norma UNI EN 13201-4 Illuminazione stradale - Parte 4: metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche;
- Norma UNI EN 13201-5 Illuminazione stradale - Parte 5: indicatori delle prestazioni energetiche;
- Norma UNI 11248:2016 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- Norma UNI 11431:2011 Luce e illuminazione - Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso;
- Norma UNI EN 12464-2 Illuminazione dei luoghi di lavoro in esterno;
- Norme UNI EN 40 Pali per illuminazione;
- Norma CIE 68 Guide to the lighting of exterior working areas;
- Norma CEI 34-33 Apparecchi di illuminazione. Parte 2-3: Prescrizioni particolari Apparecchi per illuminazione stradale;
- Legge Regionale in materia di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna;
- Legge Regionale in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico;
- DM 14-09-2005 Norme di illuminazione delle gallerie stradali;
- Norma UNI 11095:2011, UNI 11095:2019 Illuminazione gallerie;
- 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.

2.4 Prodotti da costruzione

- Regolamento CPR (UE 305/2011) relativamente ai cavi elettrici;
- Decreto legislativo n.106/2017 "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento UE n.305/2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CE";

3 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE DI GALLERIA

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.

A conclusione di tale commissione sono state emesse alcune circolari ed impartite le 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 unico fornice con traffico bi-direzionale 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 i 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 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.

3.1 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 dall'interno all'esterno, in cui l'illuminazione è notevolmente superiore.

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.

3.2 Diagrammi decisionali per l'illuminazione diurna

Per poter definire il tipo di galleria, bisogna analizzare il diagramma decisionale pertinente al caso in progetto, come da prospetto 1.

Nel caso di galleria rettilinea e con strada di accesso rettilinea con pendenza longitudinale costante, il test "galleria con uscita visibile", come da figura 5, darà sempre risposta positiva.

Nel caso di galleria con impianto ridotto la riduzione è al massimo pari al 50 %.

Definita la condizione di illuminazione della zona di entrata, l'illuminazione delle altre zone segue l'iter di calcolo successivo.

prospetto 1

Classificazione delle strade e individuazione del diagramma decisionale per il progetto dell'impianto di illuminazione

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Diagramma decisionale di figura 2
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	I (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	I (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	II (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	II (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	Da 70 a 90	III
	Strade extraurbane secondarie	50	III
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	II
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	III
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	III
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	Da 70 a 90	II
	Strade locali extraurbane	50	III
		30	III
	Strade locali urbane	50	III
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	III
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	III
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	Non pertinente
	Strade locali interzonali	50	III
30		III	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ²⁾	Non dichiarato	Non pertinente
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	
1)	Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792.[6]		
2)	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".		
*)	Si adottano sempre le condizioni di riferimento di illuminazione.		

figura 3 Diagramma decisionale per galleria rettilinea e con strada di accesso rettilinea con pendenza longitudinale costante (II)

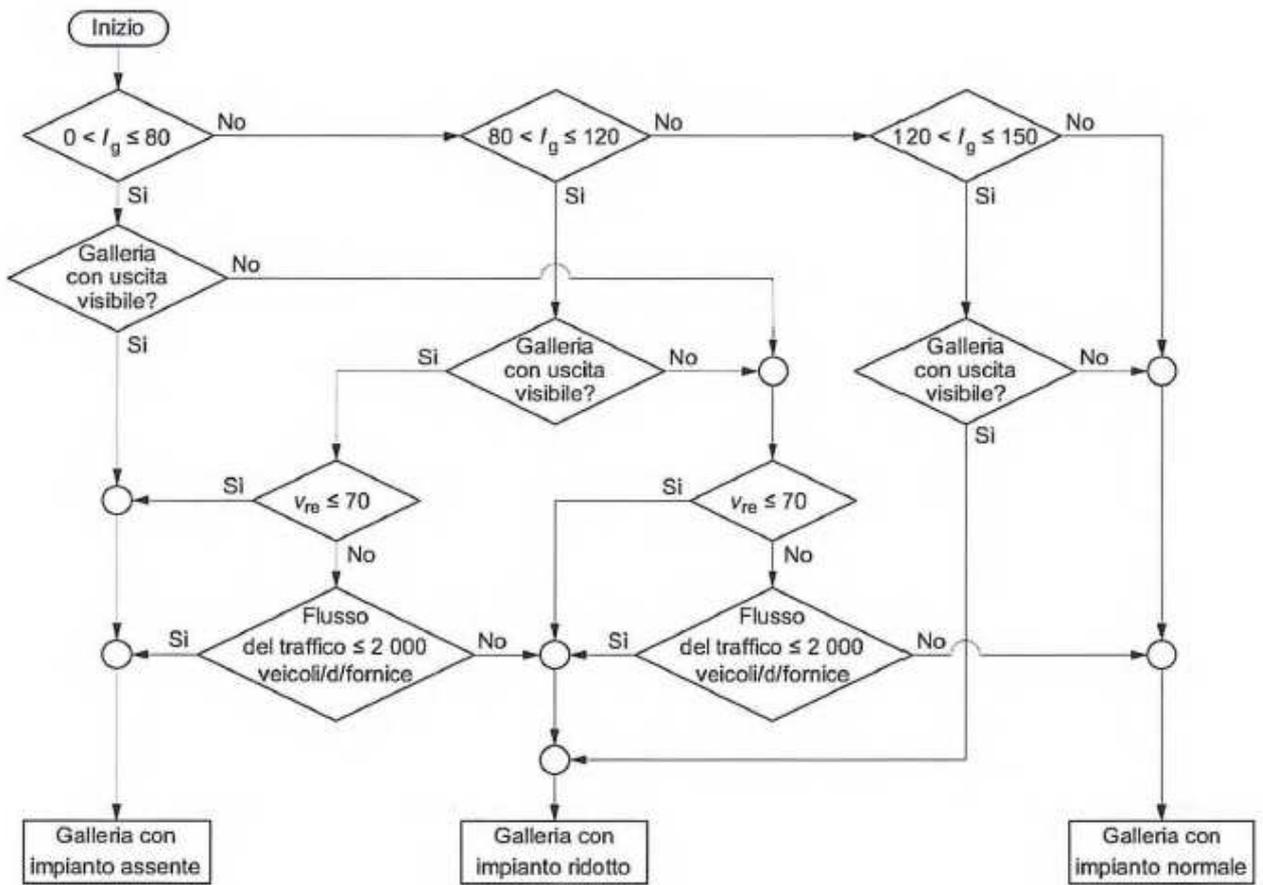


figura 4 Diagramma decisionale per galleria rettilinea e con strada di accesso rettilinea con pendenza longitudinale costante (III)

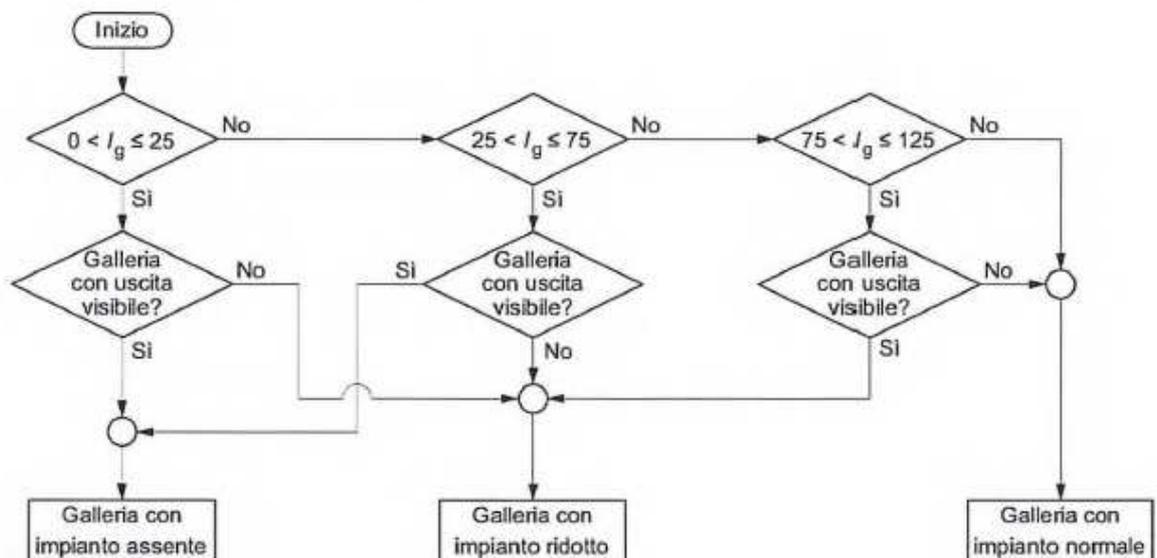
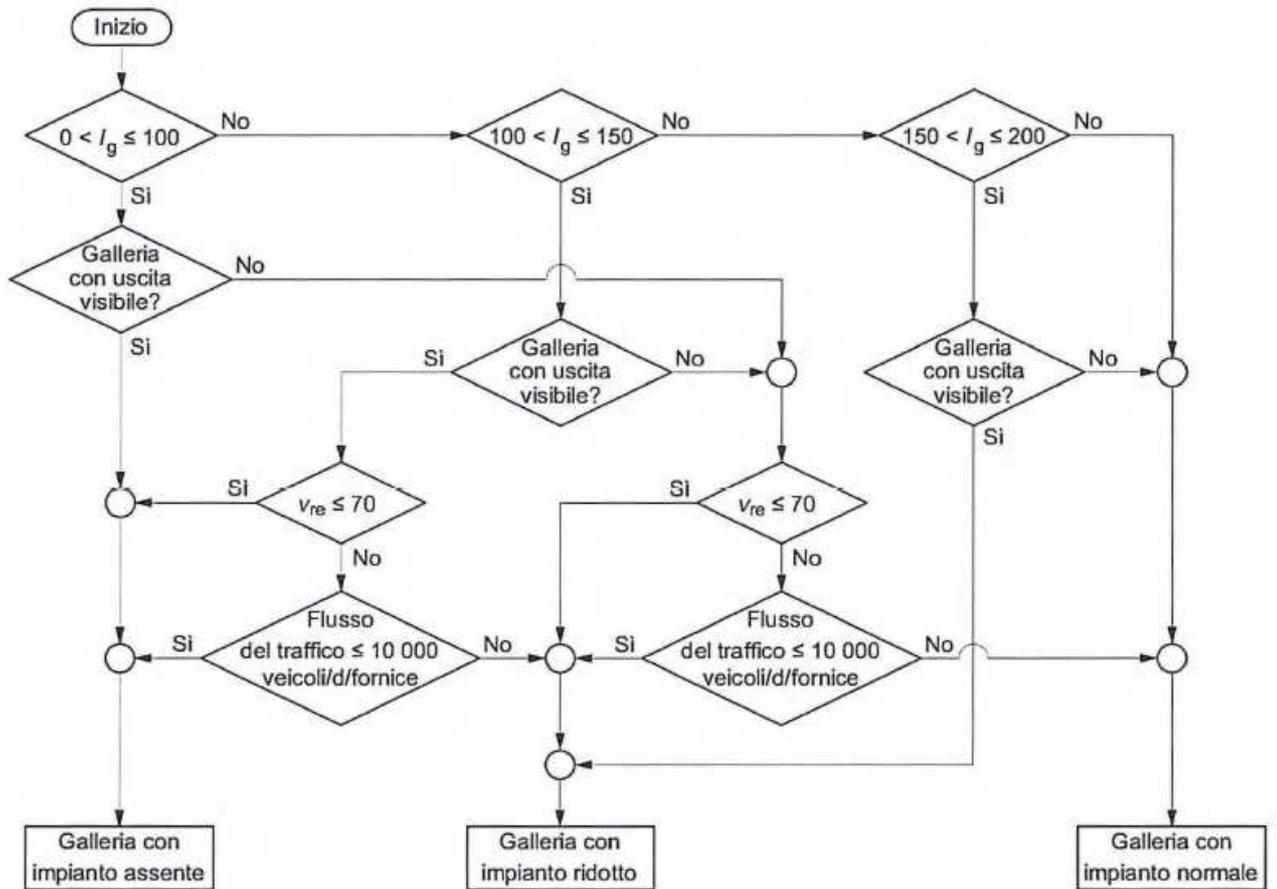


figura 2 Diagramma decisionale per galleria rettilinea e con strada di accesso rettilinea con pendenza longitudinale costante (I)



Una galleria è classificata come galleria con uscita visibile quando almeno il 50% del segmento:

- Passante per il centro dell'oggetto di riferimento, posto nella sezione di uscita,
- Parallelo alla superficie della carreggiata nella stessa sezione,
- Con estremi che incrociano i piani verticali tangenti alla mezzaria delle linee di demarcazione della carreggiata,

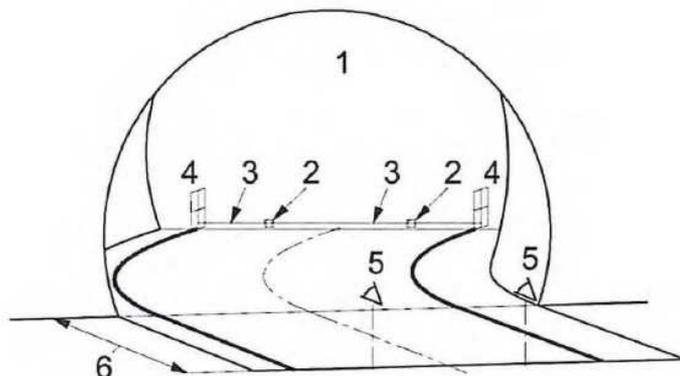
risulta visibile dall'osservatore posto alla distanza $d_{p,max}$ prima della sezione di entrata (inizio della zona di accesso) e al centro di ogni corsia nella direzione di marcia, come indicato nella figura 5 che segue.

Il livello di luminanza richiesto per le gallerie a impianto ridotto, come rappresentato dai diagrammi decisionali delle figure 2, 3 e 4, può essere ottenuto utilizzando anche l'illuminazione naturale.

figura 5 **Condizione geometrica per la verifica della possibilità di classificare la galleria come galleria con uscita visibile**

Legenda

- 1 Sezione di uscita
- 2 Oggetto di riferimento
- 3 Segmento
- 4 Piani di tangenza alle linee di demarcazione della carreggiata
- 5 Osservatore su ciascuna corsia
- 6 Distanza di riferimento d_{pmax}



Nel caso specifico, la categoria stradale è la C1, strada extraurbana secondaria e pertanto il diagramma decisionale ricade nella figura 4 (III). Ne deriva che le gallerie devono essere illuminate al 100%, senza applicare alcuna riduzione.

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 adotta ai livelli più bassi di luminosità.

L'impianto di illuminazione della galleria sarà asservito ad un sistema di telecontrollo ad onde radio 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, ed un sistema di regolazione ad onde radio che, sulla base dei dati rilevati dai sensori, agisce sugli alimentatori digitali DALI, di cui sono equipaggiati gli apparecchi illuminanti, al fine di regolarne il flusso luminoso.

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 rinforzo	Zona interna
U_0	0,92	0,76
U_1	0,76	0,68
U_t	0,77	0,80

dove:

U_0 = è l'uniformità generale;

U_1 = 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 U_1 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 indica cinque zone d'illuminazione lungo la sezione trasversale del tunnel.

1.1.1.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.

1.1.2.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.

1.1.3.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.

1.1.4.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.

La luminanza media della zona interna deve risultare non minore della luminanza L_i ottenuta con le formule:

- $L_i = 1,5 \times L$ per le gallerie a senso unico di marcia;

oppure

- $L_i = 2 \times L$ per le gallerie a doppio senso di marcia, come nel caso in progetto;

dove:

L è il valore della luminanza indicato nella UNI EN 13201-2 per la categoria illuminotecnica di esercizio della strada di accesso alla galleria, definita in base alla UNI 11248 a seguito di accurata analisi del rischio, indipendentemente dal fatto che la strada di accesso sia o non sia illuminata.

La categoria stradale di ingresso è la M2 ed è stata sottoposta ad analisi dei rischi.

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.

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.

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] .	

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.

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

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.

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.

La viabilità in esame rappresenta una casistica di tipo ordinario 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, non è stata applicata la riduzione della categoria illuminotecnica.

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.

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 illuminotecnico 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:	si.

Pertanto, la categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio sarà la M2.

Nel caso specifico, il tratto di strada in oggetto non è illuminata, la viabilità è a doppio senso di marcia, la categoria stradale è la M2 (1,5 cd/mq), e pertanto l'illuminazione interna sarà:

$$L_i = 2 \times L = 2 \times 1,5 \text{ cd/mq} = 3,0 \text{ cd/mq.}$$

1.1.5. 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/m² (circa 19,5 lux) una uniformità totale $L_{min} / L_{av} = 0,4$ 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 finestrature 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

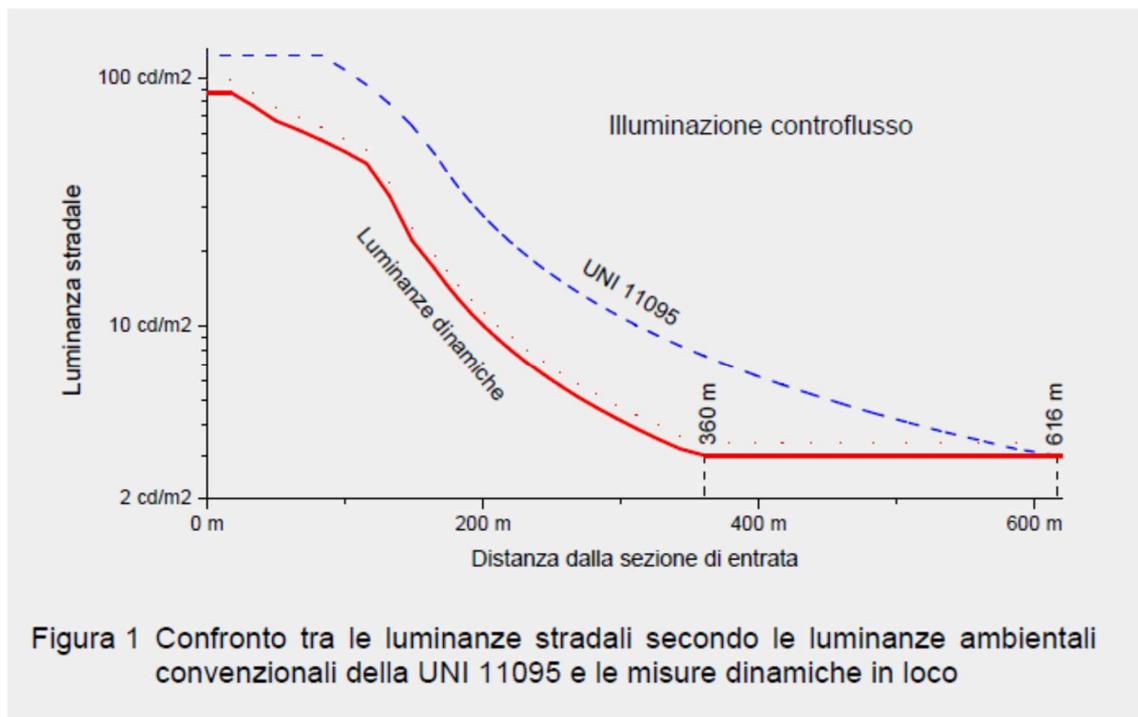
quindi secondo le Norme CEI 88/90 è trascurabile.

3.8 Criteri di determinazione delle luminanze di velo

1.1.6. Determinazione delle luminanze stradali

La luminanza di velo è valutata mediante un laboratorio illuminotecnico mobile a varie distanze durante l'avvicinamento ai fornici, 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.



Per la determinazione della distanza di arresto, specifica di ciascun imbocco delle due gallerie, è stata adottata la metodologia indicata nel Decreto 14 settembre 2005 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali" nonché della Norma Uni 11095, ottenendo un valore di:

- Galleria naturale 125,5 m, considerando una velocità di progetto di 100 km/h;
- Galleria artificiale 129 m, considerando una velocità di progetto di 100 km/h

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, 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;

q_c : coefficiente di qualità del contrasto pari a 0,6 per un impianto di illuminazione di tipo a controflusso.

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

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

dove

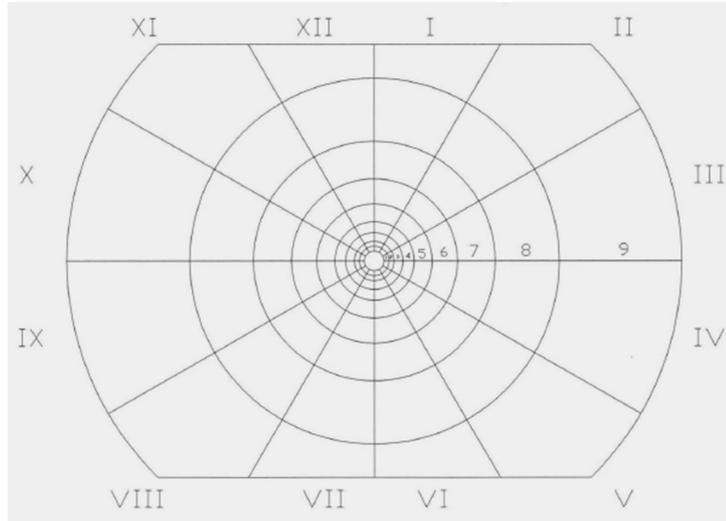
L_{seq} : luminanza di velo equivalente.

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 (diagramma di Adrian).



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:

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

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:

prospetto I.1 Valori convenzionali di luminanza da considerare nella stima di $L_{seq,75}$

Direzione di marcia	Luminanza [kcd/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.					

Al paragrafo successivo sono riportati i diagrammi relativi agli imbocchi delle gallerie di progetto.

Determinazione della "Luminanza atmosferica"

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

$$L_{atm,75} = 1,3 \frac{d_{p,max} E_{h,75}}{\pi V_{m,75}}$$

dove:

da: distanza di arresto, in metri;

E_h: illuminamento orizzontale, in chilolux;

V_m: distanza di visibilità meteorologica.

Utilizzando il dato riportato nel prospetto I.2 (latitudine 44,2°N = illuminamento orizzontale 56.8 klx) e nel prospetto I.3 (Visibilità meteorologica per galleria extraurbana a quota ≤ 500 m: V_m=10 km) della suddetta Norma UNI, relativo alle condizioni annue predominanti agli imbocchi, si ottiene:

Latm = 258,5 cd/m² per la galleria naturale

Latm = 264,2 cd/m² per la galleria artificiale

prospetto 1.2 **Illuminamenti orizzontali convenzionali $E_{h,75}$**

Latitudine locale	Illuminamento orizzontale [klx]
36° N	64
38° N	62
40° N	60
42° N	58
44° N	57
46° N	55

prospetto 1.3 **Distanza di visibilità meteorologica $V_{m,75}$**

Tipo di galleria	Distanza di visibilità meteorologica [km]
Gallerie e sottopassi urbani	8
Gallerie extraurbane a livello del mare	9
Gallerie extraurbane a quota ≤ 500 m	10
Gallerie extraurbane a quota > 500 m	15

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:

$$L_s = 116,3 \text{ cd/mq per la galleria naturale}$$

$$L_s = 148,7 \text{ cd/mq per la galleria naturale}$$

1.1.7. Impianti controflusso

La norma 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 sr-1. In caso contrario, l'impianto è considerato simmetrico o, con qC minore di 0,10 sr-1, proflusso".

Nel caso specifico, gli apparecchi illuminanti permanenti sono previsti con ottica simmetrica, mentre gli apparecchi di rinforzo sono previsti con ottica controflusso.

1.1.8. Luminanza stradale per l'illuminazione permanente

La luminanza stradale media generata dall'impianto di illuminazione permanente in una galleria deve risultare non minore della luminanza L_i , come precedentemente descritto, in funzione che la galleria sia monodirezionale o bidirezionale.

Tuttavia, con sorgenti di luce con indice di resa dei colori con $RA \geq 60$, si può scendere di una categoria illuminotecnica, 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 valori pari alla permanente, riducendo di una categoria illuminotecnica, con un gradino irrilevante ai fini della sicurezza, per quanto detto sopra. Ciò permette consistenti risparmi energetici.

Nel caso specifico l'illuminazione permanente è stata calcolata per un valore di 3,0 cd/mq, senza apportare alcuna riduzione.

4 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI GALLERIA

L'illuminazione della galleria 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.

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

4.1 Illuminazione di rinforzo

Per la galleria è prevista l'illuminazione di rinforzo su entrambi gli imbrocchi.

I seguenti grafici mostrano le curve dei rinforzi per le gallerie di progetto.

1.1.9. Galleria naturale S. Lorenzo (dir ovest)

Cliente: Mondovì	Nome galleria: Galleria naturale	Lunghezza galleria: 1000.0 m
Lunga	Velocità di progetto 100.0Km/H (27.78 m/s)	Pendenza: 0.0 %
Stato della carreggiata: Asciutta	Tipo di strada: Strada normale	Senso di marcia: Est-Ovest (pianeggiante)
Latitudine: 44.2°	Illuminamento orizzontale 56.8 klx	Tipo: Controflusso qc=0.6
Condizioni atmosferiche: Molto limpido	Classe ME: ME2 (1.50 cd/m2rd)	Doppio senso
Luminanza interna: 3.0 cd/m2rd	Distanza di visibilità per l'arresto 110.0 (DR50.0+DA60.0)	Standard: U
	Luminanza atmosferica: 258.5 cd/m2rd	



Cliente: Mondovì	Nome galleria: Galleria naturale	Lunghezza galleria: 1000.0 m
Lunga	Velocità di progetto 100.0Km/H (27.78 m/s)	Pendenza: 0.0 %
Stato della carreggiata: Asciutta	Tipo di strada: Strada normale	Senso di marcia: Est-Ovest (pianeggiante)
Latitudine: 44.2°	Illuminamento orizzontale 56.8 klx	Tipo: Controflusso qc=0.6
Condizioni atmosferiche: Molto limpido	Classe ME: ME2 (1.50 cd/m2rd)	Doppio senso
Luminanza interna: 3.0 cd/m2rd	Distanza di visibilità per l'arresto 110.0 (DR50.0+DA60.0)	Standard: U
	Luminanza atmosferica: 258.5 cd/m2rd	

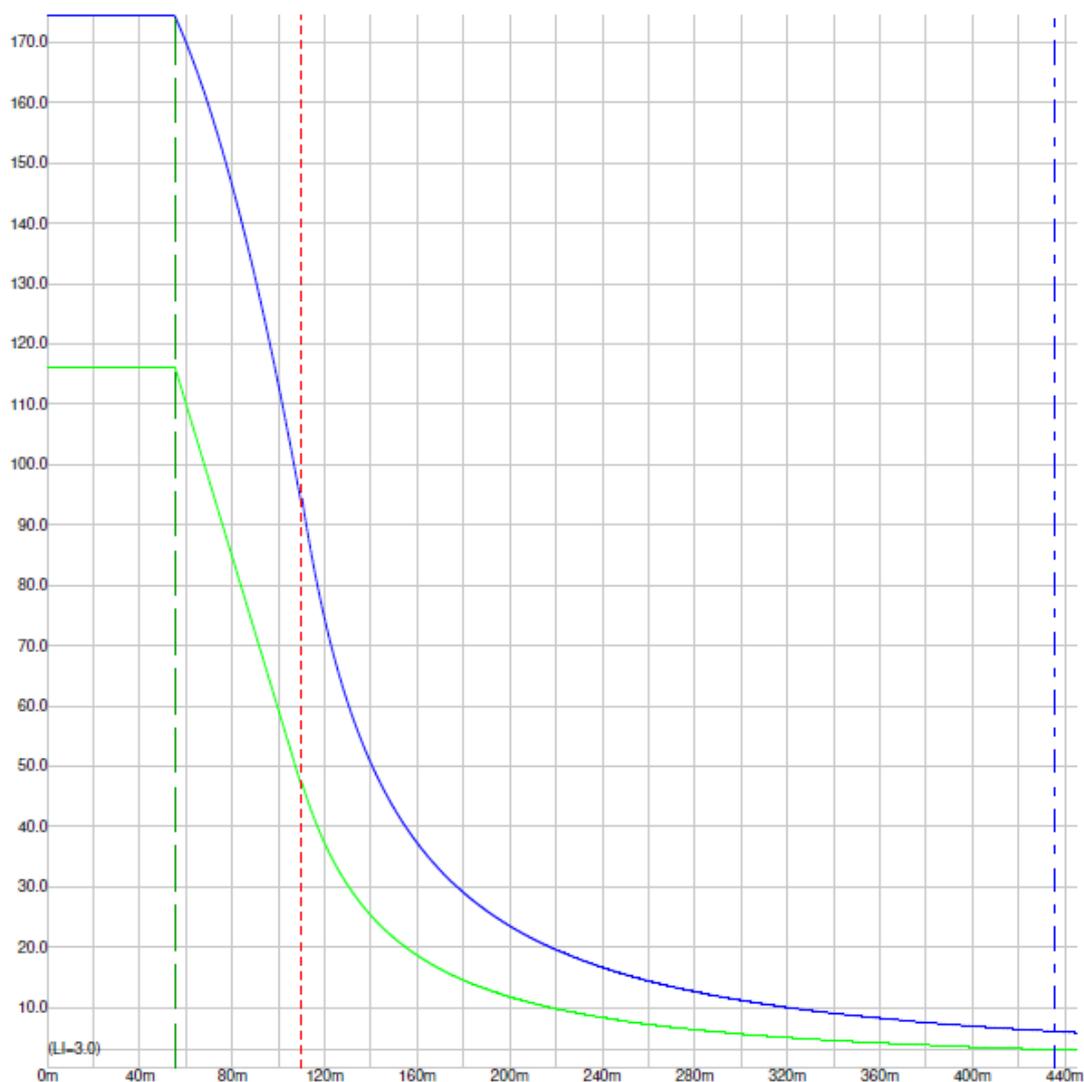
Nome situazione STANDARD

Cielo 12.00	Strada 4.00	Roccia 2.00	Edifici 6.00	Neve 15.00	Vegetazione 2.00
----------------	----------------	----------------	-----------------	---------------	---------------------

Luminanza Griglia: 346.0 kcd/m2rd

Luminanza Lseq: 176.5 cd/m2rd
Luminanza atmosferica: 258.5 cd/m2rd
Luminanza del parabrezza: 70.6 cd/m2rd
Luminanza velante: 505.6 cd/m2rd
Luminanza imbocco: 116.3 cd/m2rd

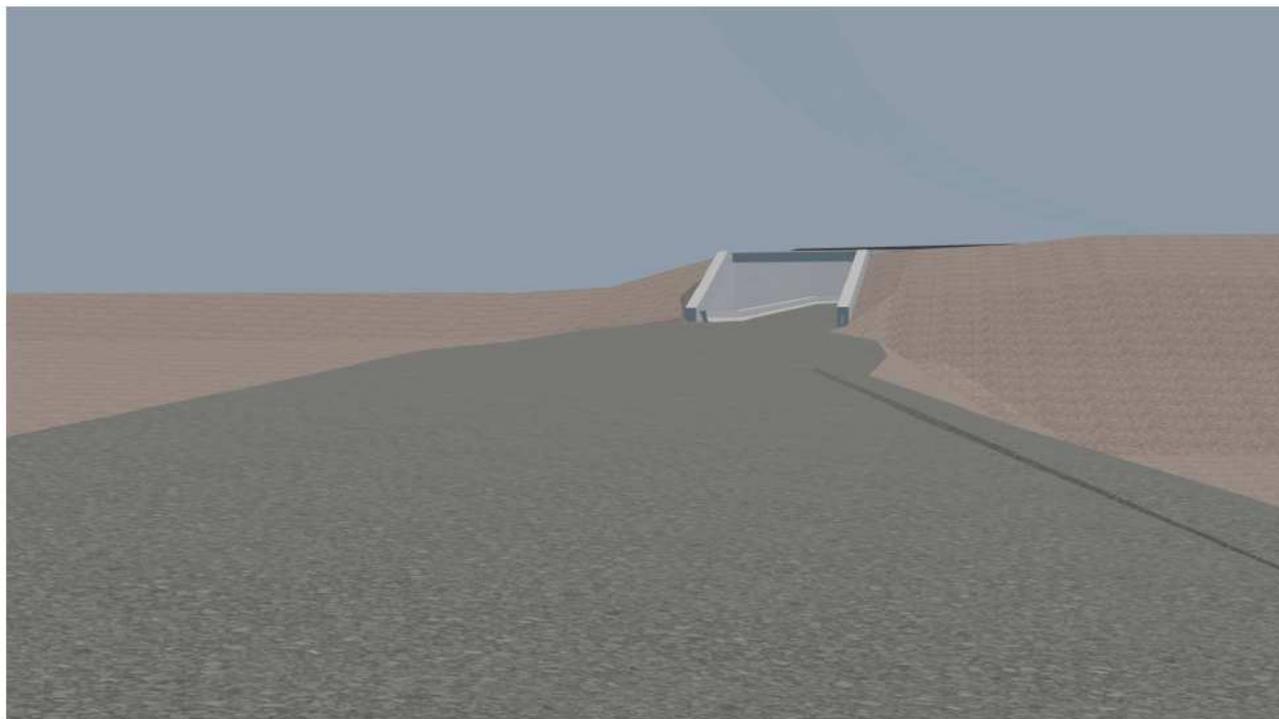
Lunghezza zona di transizione 325.9 m



La curva di ingresso è valida anche per l'imbocco ovest, direzione est.

1.1.10. Galleria artificiale imbocco est (dir ovest)

Cliente: Mondovì	Nome galleria: Galleria artificiale - lato Est	Lunghezza galleria: 150.0 m
Lunga	Velocità di progetto 100.0Km/H (27.78 m/s)	Pendenza: -2.0 %
Stato della carreggiata: Asciutta	Tipo di strada: Strada normale	Senso di marcia: Est-Ovest (pianeggiante)
Latitudine: 44.0°	Illuminamento orizzontale 57.0 klx	Tipo: Controflusso qc=0.6
Condizioni atmosferiche: Molto limpido	Classe ME: ME2 (1.50 cd/m2rd)	Doppio senso
Luminanza interna: 3.0 cd/m2rd	Distanza di visibilità per l'arresto 112.0 (DR50.0 +DA62.0)	Standard: U
	Luminanza atmosferica: 264.2 cd/m2rd	



Cliente: Mondovì Lunga Stato della carreggiata: Asciutta Latitudine: 44.0° Condizioni atmosferiche: Molto limpido Luminanza interna: 3.0 cd/m2rd	Nome galleria: Galleria artificiale - lato Est Velocità di progetto 100.0Km/H (27.78 m/s) Tipo di strada: Strada normale Illuminamento orizzontale 57.0 klx Classe ME: ME2 (1.50 cd/m2rd) Distanza di visibilità per l'arresto 112.0 (DR50.0+DA62.0) Luminanza atmosferica: 264.2 cd/m2rd	Lunghezza galleria: 150.0 m Pendenza: -2.0 % Senso di marcia: Est-Ovest (pianeggiante) Tipo: Controflusso qc=0.6 Doppio senso Standard: U
---	--	--

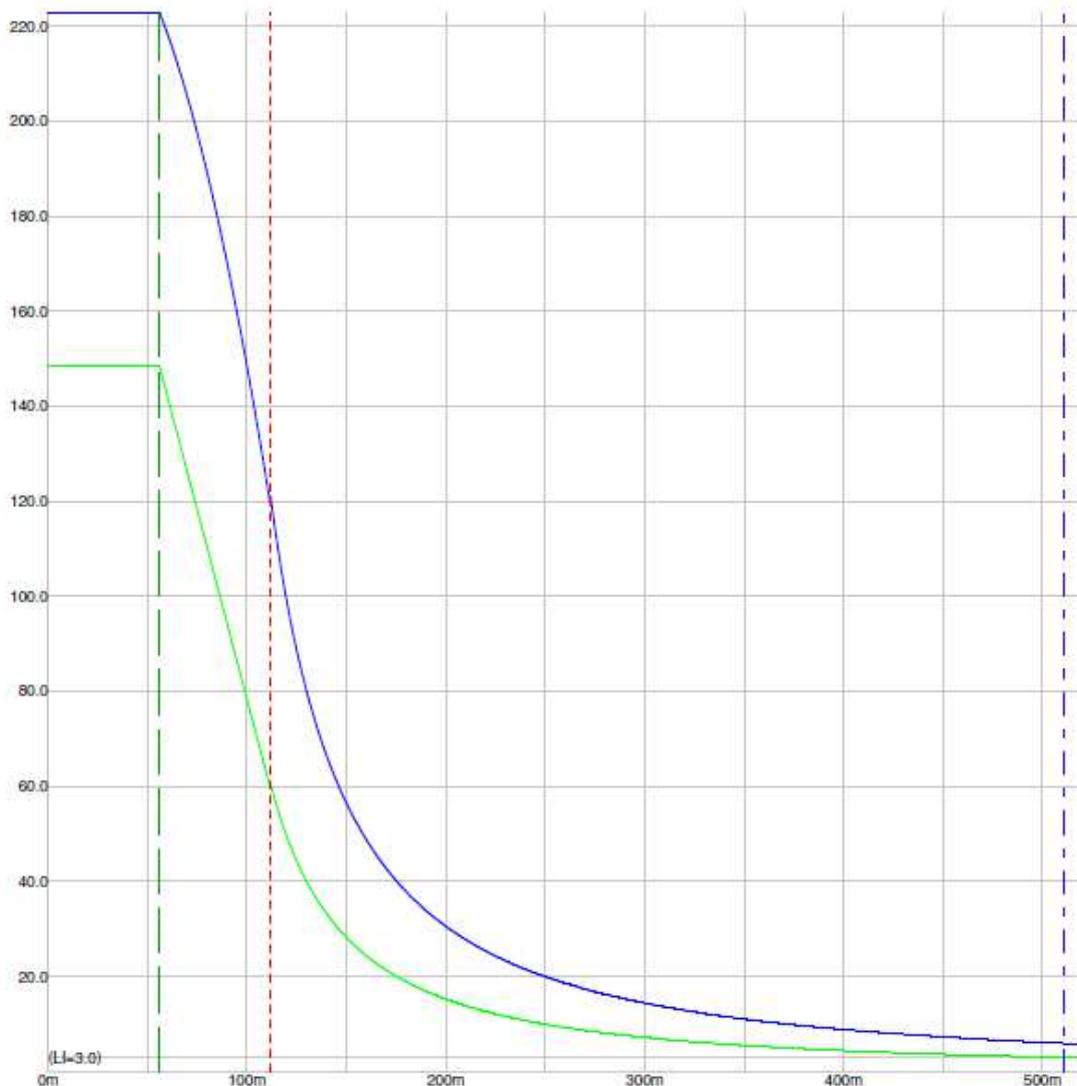
Nome situazione STANDARD

Cielo 12.00	Strada 4.00	Roccia 2.00	Edifici 6.00	Neve 15.00	Vegetazione 2.00
----------------	----------------	----------------	-----------------	---------------	---------------------

Luminanza Griglia: 535.2 kod/m2rd

Luminanza Lseq: 273.0 cd/m2rd
 Luminanza atmosferica: 264.2 cd/m2rd
 Luminanza del parabrezza: 109.2 cd/m2rd
 Luminanza velante: 646.3 cd/m2rd
 Luminanza imbocco: 148.7 cd/m2rd

Lunghezza zona di transizione 398.5 m



1.1.1. Galleria artificiale imbocco ovest (dir est)

Cliente: Mondovì	Nome galleria: Galleria artificiale - lato Ovest	Lunghezza galleria: 150.0 m
Lunga	Velocità di progetto 100.0Km/H (27.78 m/s)	Pendenza: -2.0 %
Stato della carreggiata: Asciutta	Tipo di strada: Strada normale	Senso di marcia: Est-Ovest (pianeggiante)
Latitudine: 44.0°	Illuminamento orizzontale 57.0 klx	Tipo: Controflusso qc=0.6
Condizioni atmosferiche: Molto limpido	Classe ME: ME2 (1.50 cd/m2rd)	Doppio senso
Luminanza interna: 3.0 cd/m2rd	Distanza di visibilità per l'arresto 112.0 (DR50.0+DA62.0)	Standard: U
	Luminanza atmosferica: 264.2 cd/m2rd	



Cliente: Mondovì	Nome galleria: Galleria artificiale - lato Ovest	Lunghezza galleria: 150.0 m
Lunga	Velocità di progetto 100.0Km/H (27.78 m/s)	Pendenza: -2.0 %
Stato della carreggiata: Asciutta	Tipo di strada: Strada normale	Senso di marcia: Est-Ovest (pianeggiante)
Latitudine: 44.0°	Illuminamento orizzontale 57.0 klx	Tipo: Controflusso qc=0.6
Condizioni atmosferiche: Molto limpido	Classe ME: ME2 (1.50 cd/m2rd)	Doppio senso
Luminanza interna: 3.0 cd/m2rd	Distanza di visibilità per l'arresto 112.0 (DR50.0+DA62.0)	
	Luminanza atmosferica: 264.2 cd/m2rd	Standard: U

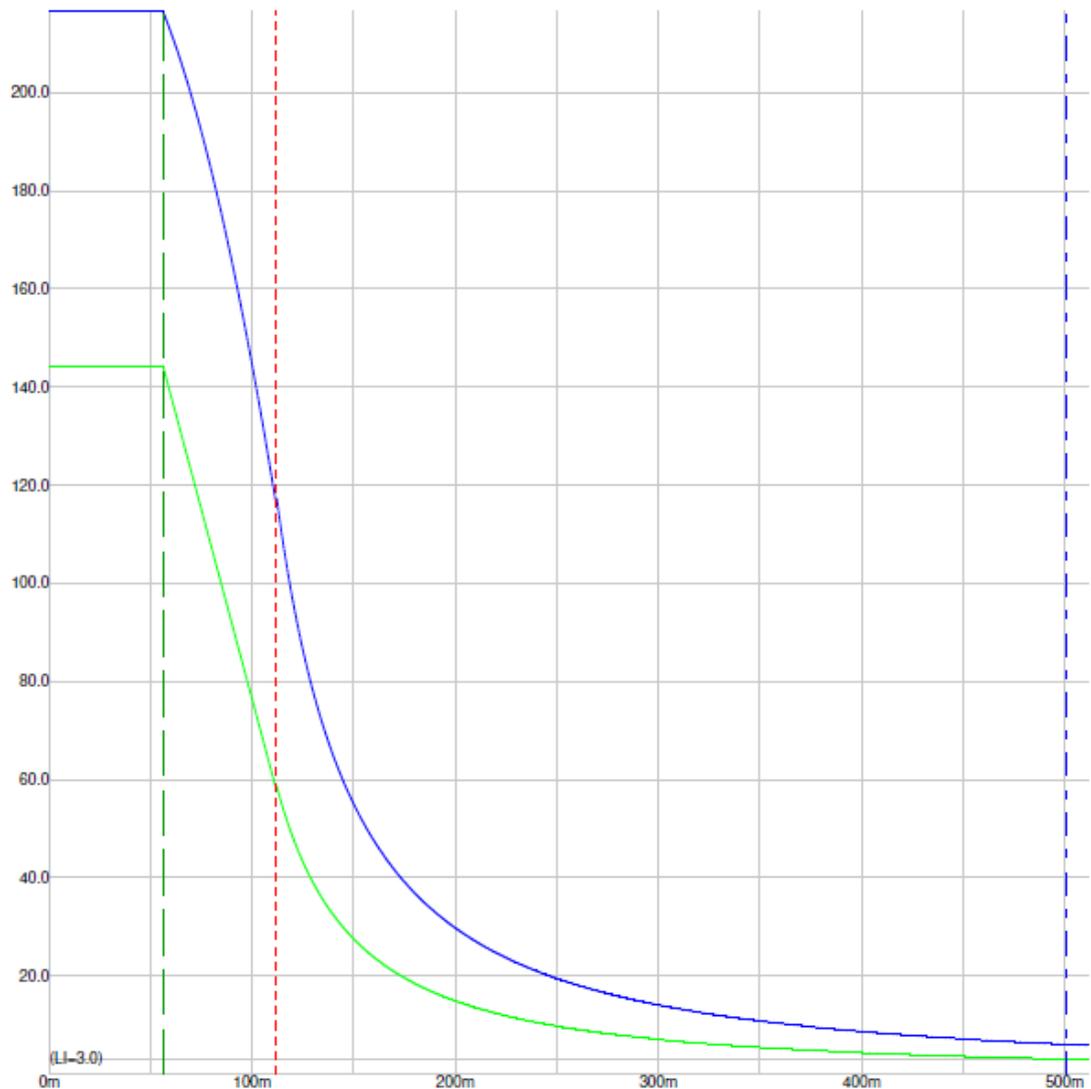
Nome situazione STANDARD

Cielo 12.00	Strada 4.00	Roccia 2.00	Edifici 6.00	Neve 15.00	Vegetazione 2.00
----------------	----------------	----------------	-----------------	---------------	---------------------

Luminanza Griglia: 509.2 kcd/m2rd

Luminanza Lseq: 259.7 cd/m2rd
Luminanza atmosferica: 264.2 cd/m2rd
Luminanza del parabrezza: 103.9 cd/m2rd
Luminanza velante: 627.7 cd/m2rd
Luminanza imbocco: 144.4 cd/m2rd

Lunghezza zona di transizione 389.2 m



5 RIEPILOGO DATI DI CALCOLO

Di seguito si riportano i dati di input relativi ai calcoli delle gallerie in oggetto.

I calcoli illuminotecnici sono riportati in altra relazione; i valori illuminotecnici ottenuti sono rispondenti alle normative vigenti ed agli specifici parametri di progetto, riportati nella presente relazione.

I dati di base sono i seguenti:

Scheda galleria Naturale Mondovì

Comune di Mondovì (CN)

Lunghezza galleria:	1412 m bidirezionale
Categoria stradale:	C1 Extraurbana principale
Velocità:	100 km/h
Distanza di arresto:	110 m da imbocco (p=+1,05%)
Categoria illuminotecnica:	M2 - 1,5 cd/mq
Tipologia galleria:	bidirezionale, 1 corsia per senso di marcia
Luminanza interna galleria:	1,5 cd/mq x 2= 3 cd/mq

Ubicazione: <https://goo.gl/maps/55Ur4sAiZv5m1c8j7>

Scheda galleria Artificiale Mondovì

Comune di Mondovì (CN)

Lunghezza galleria:	150 m bidirezionale
Categoria stradale:	C1 Extraurbana principale
Velocità:	100 km/h
Distanza di arresto:	112 m da imbocco (p=3,49%)
Categoria illuminotecnica:	M2 - 1,5 cd/mq
Tipologia galleria:	bidirezionale, 1 corsia per senso di marcia
Luminanza interna galleria:	1,5 cd/mq x 2= 3 cd/mq

La distribuzione dei corpi illuminanti è stata sviluppata su due file, agganciati alle canaline di galleria.

6 ILLUMINAZIONE VIABILITÀ ESTERNA

6.1 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.

6.2 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.

6.3 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.

6.4 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.

6.4.1 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 illuminotecnica.

6.4.2 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.

6.4.3 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.

6.4.4 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.

6.4.5 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.

6.5 Criteri di individuazione delle categorie illuminotecniche

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

- Definire la categoria illuminotecnica di ingresso, considerando i seguenti passi:
 - Suddividere la strada in una o più zone di studio con condizioni omogenee dei parametri di influenza;
 - 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;
- 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;

in alternativa tra di loro:

- 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,
- 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.

6.6 Criteri di suddivisione delle zone di studio

6.6.1 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.

6.6.2 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.

6.6.3 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.

6.6.4 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.

6.6.5 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.

6.6.6 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.

6.6.7 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.

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

6.7.1 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.

6.7.2 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° 6792¹⁰⁾.

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".

6.7.3 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.

6.7.4 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]	$U_{aw}^{b)}$ [minima]	$f_{Tl}^{c)}$ [massima] %	$R_{El}^{d)}$ [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_{Tl} 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.

6.7.5 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_0 [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

6.7.6 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

6.8 Analisi dei rischi

6.8.1 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.

6.8.2 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.

6.8.3 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 0, 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

6.8.4 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	1	0	1
			1	2
			2	3
	2	2	0	2
			1	3
			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%)	2	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	1	0	1
			1	2
			2	3
			3	4
			(per flusso di traffico minore del 12,5%)	
	2	2	0	2
			1	3
			2	4
			(per flusso di traffico minore del 12,5%)	
			(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, rotonde (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	
Programma di manutenzione inadeguato	Ridurre il fattore di manutenzione inserito nel calcolo illuminotecnico

1.1.1 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.

1.2 ZONE DI STUDIO PRESENTI NELL'IMPIANTO

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:

1. Asse principale, nuova rotonda est;
2. Asse principale, corsie di ingresso alle rotonde est ed ovest;
3. Asse secondario, nuove rotonde est ed ovest;
4. Asse secondario, viabilità di collegamento tra le nuove rotonde est ed ovest.

La presente tabella riassume le caratteristiche delle aree di studio e definisce la categoria illuminotecnica di ingresso:

Zona di studio	Tipo di strada	Descrizione	Limite di velocità (km/h)	Categoria illuminotecnica di ingresso
1. Asse principale, nuova rotonda est	-	Zona di conflitto con strade extraurbane secondarie	-	C2
2. Asse principale, corsie di ingresso alle rotonde	C1	Strade extraurbane secondarie (tipo C1 e C2)	70-90	M2
3. Asse secondario, nuove rotonde	-	Zona di conflitto con strade extraurbane secondarie	-	C2
4. Asse secondario, viabilità di collegamento tra le nuove rotonde	C2	Strade extraurbane secondarie (tipo C1 e C2)	70-90	M2

A seguito dell'analisi dei rischi e valutando gli aspetti di cui ai precedenti paragrafi, si sono definite le seguenti categorie illuminotecniche di progetto:

Zona di studio	Categoria illuminotecnica di ingresso	Totale fattori di riduzione a seguito analisi di rischio	Categoria illuminotecnica di progetto
Viabilità (vale x tutte)	M2	0	M2
Rotonde (vale x tutte)	C2	+1	C1

Nell'analisi dei rischi non è stato applicato alcun fattore di riduzione per la viabilità in quanto si è considerata la presenza di elevato traffico e traffico conflittuale.

Per quanto riguarda le rotonde non si è applicato alcun coefficiente di riduzione al fine di garantire la massima sicurezza per i pedoni; essendo una zona di conflitto, si è adottata la categoria illuminotecnica comparabile M2-C1.

In base alle categorie illuminotecniche di progetto, i parametri di riferimento sono i seguenti:

Classe	Luminanza della carreggiata			Abbagliamento debilitante	illuminazione di contiguità
	L (cd/m ²)	U0	UL	f _{ri}	REI
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
C1	30 lux	0.40	-	-	-

6.9 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:

$$MF^* = LLMF \times LSF \times LMF$$

Maintenance Factor Lamp Lumen Maintenance Factor Lamp Survival Factor Luminaire Maintenance Factor

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 **0,9**.

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'interezza sui valori del coefficiente di luminanza ridotto "r" della pavimentazione stradale e della matrice di misura in fase di verifica e di collaudo.

6.10 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.

6.11 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.

6.12 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.

6.12.1 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.

6.12.2 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.

6.12.3 Resa del colore

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

6.12.4 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.

6.12.5 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.

6.12.6 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.

6.12.7 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.						

6.13 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.

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

Per soddisfare le suddette condizioni è 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 è previsto il passaggio pedonale risponde a questi requisiti ed il passaggio stesso non è in prossimità di un incrocio, i criteri sopra menzionati sono sufficienti per una corretta illuminazione.

6.15 Limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso

La legge della Regione Piemonte "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.

6.16 Principali prescrizioni derivanti dalla L.R. Piemonte

Con la Legge Regionale 9 febbraio 2018, n 3, contenente modifiche alla Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 31 (recante *Disposizioni per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche*), Il Consiglio Regionale della Regione Piemonte ha approvato un nuovo testo aggiornato per il dispositivo legislativo che introduce una serie di elementi correttivi e integrativi al testo precedente.

Il nuovo testo introduce il divieto delle emissioni luminose definite da fasci di luce fissi o roteanti che disperdono luce verso l'alto e impone i requisiti tecnici minimi che devono possedere gli impianti di illuminazione esterna pubblici e privati.

6.17 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.

6.17.1 Scelta ed installazione dei componenti

I componenti saranno conformi alle prescrizioni di sicurezza delle rispettive norme CEI, scelti e messi in opera tenendo conto delle condizioni che hanno influenzato la progettazione dell'impianto:

- ove necessario saranno utilizzati gradi di protezione adeguati;
- quando i componenti elettrici sono raggruppati in un medesimo quadro, canale, cassetta, ecc... non saranno causa di effetti dannosi ad altri componenti;
- i componenti saranno adatti a sopportare i valori massimi di tensione, corrente e potenza sia in condizioni di ordinario esercizio che di guasto;
- i componenti e gli apparecchi utilizzatori fissi saranno installati in modo da facilitare il funzionamento, il controllo, l'esercizio e l'accesso alle connessioni;
- i dispositivi di manovra e di protezione, se posizionati in modo da generare pericolo, porteranno chiare indicazioni per l'identificazione e il senso di manovra;
- le condutture saranno dimensionate in modo che la corrente di impiego non provochi sovratemperature all'isolante.

6.17.2 Sezionamento e comando

Ogni circuito elettrico sarà sezionato dall'alimentazione: il sezionamento interromperà tutti i conduttori attivi, compreso il conduttore di neutro (ove previsto). Nei quadri alimentati da due o più sorgenti sarà prevista una scritta o un cartello monitore per avvertire della necessità di sezionare tutte le parti in tensione

quando, per ragioni di manutenzione, si debba accedere alle parti attive.

6.17.3 Protezione contro i contatti diretti

Per garantire la protezione delle persone contro i pericoli derivanti da contatti con parti attive si utilizzeranno i seguenti sistemi di protezione:

6.17.3.1 Protezione mediante isolamento delle parti attive

Le parti attive saranno completamente isolate. Tale isolamento potrà essere rimosso solo mediante distruzione. Dovrà resistere a sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali potrà essere sottoposto nel normale esercizio.

6.17.3.2 Protezione addizionale con interruttori differenziali

Gli interruttori differenziali con corrente differenziale I_d nominale $\leq 30\text{mA}$ potranno essere considerati come protezione addizionale contro i contatti diretti e da impiegare unitamente alla misura di protezione sopra descritta.

6.17.3.3 PROTEZIONE contro I CONTATTI INDIRETTI: GENERALITÀ

Saranno protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione, ma che a causa del cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Per la protezione contro i contatti indiretti sarà previsto un impianto di terra al quale saranno collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati ad adduzione, distribuzione e scarico delle acque, nonché tutte le masse metalliche accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso.

6.17.3.4 PROTEZIONE MEDIANTE DOPPIO ISOLAMENTO

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione od installazione di apparecchi di classe II.

In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di classe II può coesistere con la protezione mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di classe II.

6.17.3.5 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

I conduttori che costituiscono gli impianti saranno protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi e da corto circuiti.

La protezione contro i sovraccarichi sarà realizzata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8 art. 433.2.

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una condotta devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

- $I_b \leq I_n \leq I_z$
- $I_f \leq 1.45 I_z$

dove:

- I_f = corrente funzionamento del dispositivo di protezione nel tempo convenzionale
- I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z = portata in regime delle condutture
- I_b = corrente di impiego del circuito

La seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici conformi alle norme CEI 23-3 e CEI 17-5.

6.17.3.6 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

La protezione contro le correnti di corto circuito sarà realizzata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8 art. 434.

Saranno utilizzati interruttori magnetotermici destinati ad interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto in tempi sufficientemente brevi per garantire che, nel conduttore protetto, non si raggiungano temperature pericolose secondo la seguente relazione:

- $I^2 t \leq K^2 \times S^2$

dove:

- $I^2 t$ = integrale di Joule, cioè l'energia lasciata passare da dispositivo di protezione per la durata del corto circuito
- S = sezione del conduttore
- K = coefficiente che varia con il variare del tipo di cavo:
 - 115 per cavi in rame isolati in pvc
 - 135 per cavi in rame isolati in gomma naturale o butilica
 - 143 per cavi in rame isolati in gomma etilpropilenica e polietilene reticolato.

Inoltre gli interruttori avranno un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

6.17.3.7 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE CONTRO LE SOVRACORRENTI: PRESCRIZIONI COMUNI

La protezione contro i sovraccarichi può essere prevista:

- all'inizio della conduttura
- alla fine della conduttura
- in un punto qualsiasi della conduttura

Per le condizioni seconda e terza si deve accertare che non vi siano nè derivazioni, nè prese a spina a monte della protezione e la conduttura risulti protetta contro i corto circuiti. Nel nostro impianto sarà rispettata la prima condizione per tutti i circuiti presenti.

La protezione contro i corto circuiti sarà anch'essa sempre prevista all'inizio della condotta.

E' possibile non prevedere la protezione contro i corto circuiti per i circuiti la cui interruzione improvvisa può dar luogo a pericoli, per taluni circuiti di misura e per le condutture che collegano batterie di accumulatori, generatori, trasformatori, raddrizzatori con rispettivi quadri, quando i dispositivi di protezione sono posti su questi quadri.

In tali casi bisogna verificare che sia minimo il pericolo di corto circuito che le condutture non siano in vicinanza di materiali combustibili.

Le sezioni minime dei cavi isolati in pvc e in G5/G7 in relazione alla corrente nominale dell'interruttore magnetotermico di protezione saranno indicativamente quelle indicate nella seguente tabella:

In (A)	Sez. PVC	Sez. G5/G7
10	1.5	1.5
16	2.5	1.5
25	4	2.5
32	6	4
40	10	6
50	10	6
63	25	16
80	25	16
100	35	25

6.17.4 Prescrizioni generali di posa per cavidotti e polifore

6.17.4.1 Posa entro tubazione interrata

Le tubazioni isolanti dovranno essere sempre posate ad una profondità di almeno 500 mm, anche se di tipo pesante, con una protezione meccanica supplementare. Non è richiesta una profondità minima di posa se il cavo sarà posto entro un tubo protettivo che resista ai normali attrezzi di scavo (es. un tubo metallico).

I cavi da posare entro le tubazioni interrate dovranno essere muniti di guaina per proteggere le anime del cavo dalle sollecitazioni meccaniche e preservarle dal contatto con l'acqua. Saranno idonei i cavi con tensione nominale 0,6/1kV.

6.17.4.2 Pozzetti e raggi di curvatura

Il raggio minimo di curvatura dei cavi senza rivestimento metallico dovrà essere almeno 12D, dove D è il diametro esterno del cavo. Lungo la tubazione dovranno essere predisposti pozzetti di ispezione in

corrispondenza delle derivazioni, dei centri luminosi, dei cambi di direzione, ecc. in modo da facilitarne la posa, rendere l'impianto sfilabile e accessibile per riparazioni o ampliamenti. I pozzetti dovranno avere dimensioni tali da permettere l'infilaggio dei cavi rispettando il raggio minimo di curvatura ammesso.

Per cavi unipolari di sezione fino a 240 mmq saranno sufficienti pozzetti di dimensioni interne 40x40 cm in rettilineo e 50x50 cm negli angoli. I chiusini dei pozzetti dovranno essere di tipo carrabile quando ubicati su strada o su passi carrai.

6.17.5 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.

6.17.6 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.

6.17.7 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.

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Corpo in alluminio pressofuso UNI EN1706 a basso contenuto di rame per una maggiore protezione alla corrosione in ambienti marini.

Dissipatore in alluminio pressofuso UNI EN 1706 con struttura ad alette.

Guarnizione poliuretanicca senza punti di incollaggio. Gancio di chiusura in alluminio estruso con molla in acciaio inox.

Schermo serigrafato in vetro piano temperato ad elevata trasparenza: spessore 5mm

Installazione: TP/BR: attacco standard universale braccio/testa palo Ø60mm, Ø33÷Ø60mm e Ø60÷Ø76mm.

Gruppo ottico e cablaggio rimovibile. Apertura vano cablaggio e vano ottico con attrezzi di uso comune.

Piastra cablaggio metallica, estraibile.

Passacavo a membrana a tenuta stagna.

Fermacavo integrato.

Peso e dimensioni:

Apparecchio 1: 805x432x122mm - 12kg

Apparecchio 2: 960x514x151mm - 19kg

Grado di protezione IK09 | IP66 con valvola di scambio pressione a membrana.

Verniciatura corpo con polveri poliestere grigio satinato semilucido cod. 2B.

Protezione alla corrosione: 1500hr nebbia salina ISO 9227.

CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Classe di isolamento: II.

Alimentazione: 220 ÷ 240V - 50/60Hz.

Corrente LED: 525/700mA.

Fattore di potenza: >0.95 (a pieno carico, F, DA, DAC).

Connessione rete: per cavi sez. max. 4mm².

Protezione fino a 10kV a modo comune e differenziale. SPD integrato 10kV-10kA, type II, completo di LED di segnalazione e termofusibile per disconnessione del carico a fine vita.

Vita sorgente LED: $\geq 100.000\text{hr}$ L90B10 $\geq 100.000\text{hr}$ L90, TM-21.

Opzioni di risparmio energetico: F: Fisso non dimmerabile.

DA: Dimmerazione automatica (mezzanotte virtuale) con profilo di default.

DAC: Profilo DA custom.

FLC: Flusso luminoso costante.

WL: Telecontrollo punto/punto ad onde radio.

DALI: Interfaccia di dimmerazione digitale DALI. NEMA: Presa 7 pin (ANSI C136.41). ZHAGA: Presa 4 pin (Book 18).

OTTICHE

STU-M/ STU-S: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e ciclopedonale.

STE-M/ STE-S: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e extraurbana.

STW: Ottica asimmetrica per illuminazione di strade larghe.

SV: Ottica asimmetrica per illuminazione di svincoli autostradali o strade urbane molto strette.

OP-DX / SX: Ottica asimmetrica per attraversamenti pedonali.

S05: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale e urbana.

STA / STA1: Ottica asimmetrica per categorie V e P.

CARATTERISTICHE GRUPPO OTTICO

Sistema ottico modulare.

Temperatura di colore sorgente LED: 4000K.

CRI ≥ 70 .

Scheda tecnica corpo illuminante 1

CARATTERISTICHE PRINCIPALI	
Applicazioni	Illuminazione stradale.
Gruppo ottico	STE-M/S: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale extraurbana. STU-M/S: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e ciclopedonale. STW: Ottica asimmetrica per illuminazione di strade larghe e urbane e extraurbane, specifica per asfalti bagnati. SV: Ottica asimmetrica per illuminazione di svincoli autostradali o strade urbane molto strette. OP-DX/SX: Ottica asimmetrica per attraversamenti pedonali. S05: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e aree verdi. Temperatura di colore: 4000K (3000K, 5700K in opzione) CRI ≥ 70 LOR= 100%, DLOR= 100%, ULOR= 0% Classe di sicurezza fotobiologica: EXEMPT GROUP Efficienza sorgente LED: 168 lm/W @ 525mA, T _J =85°C, 4000K
Classe di isolamento	I, II
Grado di protezione	IP66 IK09 totale
Moduli LED	Gruppo ottico rimovibile in campo.
Inclinazione apparecchio	Testa palo: 0°, +5°, +10°, +15°, +20° Braccio: 0°, -5°, -10°, -15°, -20° Braccio: +5°, 0°, -5°, -10°, -15°, -20° (solo Ø33mm ÷ Ø60mm)
Dimensioni e peso	Vedere disegno – max. 12,5 kg
Superficie esposta	Laterale: 0.08m ² - Pianta: 0.3m ² SCx:0.06m ²
Montaggio	Braccio o testa palo Ø60mm Ø33mm ÷ Ø60mm (in opzione) Ø60mm ÷ Ø76mm (in opzione)
Cablaggio	Piastra cablaggio rimovibile in campo.
Temp. di esercizio	-40°C / +50°C
Temp. di stoccaggio	-40°C / +80°C
Norme di riferimento	EN 60598-1, EN 60598-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3
	
CARATTERISTICHE ELETTRICHE	
Alimentazione	220-240V 50/60Hz (Tolleranza standard $\pm 10\%$. Altri voltaggi e tolleranze su richiesta)
Fattore di potenza	>0,95 (a pieno carico).
Sezionatore	Incluso, con ferma cavo integrato.
Connessione rete	Per cavi sezione max 4mm ²
Dispositivo di protezione surge	SPD integrato 10kV-10kA, type II, completo di LED di segnalazione e termofusibile per disconnessione del carico a fine vita. Tenuta all'impulso: 10kV / 10kV CM/DM
Sistema di controllo (opzioni)	F: Fisso non dimmerabile. DA: Dimmerazione automatica (mezzanotte virtuale) con profilo di default. DAC: Profilo DA custom. FLC: Flusso luminoso costante. WL: Telecontrollo punto/punto ad onde radio. DALI: Interfaccia di dimmerazione digitale DALI. NEMA: Presa 7 pin (ANSI C136.41). ZHAGA: Presa 4 pin (ZHAGA Book 18).
Vita gruppo ottico (T _q =25°C, 700mA)	>100.000hr L90B10 >100.000hr L90, TM-21
MATERIALI	
Attacco	Alluminio pressofuso UNI EN1706. Verniciato a polveri.
Dissipatore	
Telaio	
Copertura	
Gancio chiusura	Alluminio estruso con molla in acciaio inox.
Gruppo ottico	Alluminio 99,85% con finitura superficiale realizzata con deposizione sotto vuoto 99,95%. Alluminio classe A+ (DIN EN 18268)
Schermo	Vetro piano temperato sp. 5mm ad elevata trasparenza.
Pressacavo	Plastico M20x1.5 - IP68
Guarnizione	Poliuretanic
Colore	Grigio satinato semilucido - Cod. 2B

Scheda tecnica corpo illuminante 2

CARATTERISTICHE PRINCIPALI	
Applicazioni	Illuminazione stradale.
Gruppo ottico	STE-M/S: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale extraurbana. STU-M/S: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e ciclopedonale. STW: Ottica asimmetrica per illuminazione di strade larghe e urbane e extraurbane, specifica per asfalti bagnati. SV: Ottica asimmetrica per illuminazione di svincoli autostradali o strade urbane molto strette. S05: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e aree verdi. Temperatura di colore: 4000K (3000K, 5700K in opzione) CRI ≥ 70 LOR= 100%, DLOR= 100%, ULOR= 0% Classe di sicurezza fotobiologica: EXEMPT GROUP Efficienza sorgente LED: 168 lm/W @ 525mA, Tj=85°C, 4000K
Classe di isolamento	I, II
Grado di protezione	IP66 IK09 totale
Moduli LED	Gruppo ottico rimovibile in campo.
Inclinazione apparecchio	Testa palo: 0°, +5°, +10°, +15°, +20° Braccio: 0°, -5°, -10°, -15°, -20°
Dimensioni e peso	Vedere disegno – 19 Kg
Superficie esposta	Laterale: 0.1m ² – Pianta:0.4m ² SCx: 0.07m ²
Montaggio	Braccio o testa palo Ø60mm ÷ Ø76mm
Cablaggio	Piastra cablaggio rimovibile in campo.
Temp.di esercizio	-40°C / +50°C
Temp. di stoccaggio	-40°C / +80°C
Norme di riferimento	EN 60598-1, EN 60598-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3
	
CARATTERISTICHE ELETTRICHE	
Alimentazione	220÷240V 50/60Hz (Tolleranza standard ±10%. Altri voltaggi e tolleranze su richiesta)
Fattore di potenza	>0,9 (a pieno carico)
Sezionatore	Incluso, con ferma cavo integrato.
Connessione rete	Per cavi sezione max. 4mm ²
Dispositivo di protezione surge	SPD integrato 10kV-10kA, type II, completo di LED di segnalazione e termofusibile per disconnessione del carico a fine vita. Tenuta all'impulso: 10kV / 10kV CM/DM
Sistema di controllo (opzioni)	F: Fisso non dimmerabile. DA: Dimmerazione automatica (mezzanotte virtuale) con profilo di default. DAC: Profilo DA custom. FLC: Flusso luminoso costante. WL: Telecontrollo punto/punto ad onde radio. DALI: Interfaccia di dimmerazione digitale DALI. NEMA: Presa 7 pin (ANSI C136.41). ZHAGA: Presa 4 pin (ZHAGA Book 18).
Vita gruppo ottico (Tq=25°C, 700mA)	>100.000hr L90B10 >100.000hr L90, TM-21
MATERIALI	
Attacco	Alluminio pressofuso UNI EN1706. Verniciato a polveri.
Dissipatore	
Telaio	
Copertura	
Gancio di chiusura	Alluminio estruso con molla in acciaio inox.
Gruppo ottico	Alluminio 99.85% con finitura superficiale realizzata con deposizione sotto vuoto 99.95%. Alluminio classe A+ (DIN EN 16268)
Schermo	Vetro piano temperato sp. 5mm elevata trasparenza.
Pressacavo	Plastico M20x1.5 - IP68
Guarnizione	Poliuretanic
Colore	Grigio satinato semilucido - Cod. 2B

6.17.8 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.

6.17.9 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 fino max 12,5 m*) con le seguenti caratteristiche ed accessori:

- Braccio Arredo Singolo L max. fino a 1500 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 addizionale.

6.18 Calcoli illuminotecnici

Di seguito si riportano i dati di input relativi ai calcoli delle gallerie in oggetto.

Classe	Luminanza della carreggiata			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L (cd/m ²)	U0	UL	f _{TI}	REI
Viabilità M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
Rotatorie C1	30 lux	0.40	-	-	-

I calcoli illuminotecnici sono riportati in altra relazione; i valori illuminotecnici ottenuti sono rispondenti alle normative vigenti ed agli specifici parametri di progetto, riportati nella presente relazione.