



Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

NUOVA S.S.291
COLLEGAMENTO SASSARI - ALGHERO - AEROPORTO

Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas - Alghero
e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia

PROGETTO DEFINITIVO

cod. CA29

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTI: <i>Dott. Ing. ACHILLE DEVITOFRANCESCHI</i> <i>Ordine Ing. di Roma n. 19116</i> <i>Dott. Ing. ALESSANDRO MICHELI</i> <i>Ordine Ing. di Roma n. 19654</i>	
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Serena MAJETTA</i> <i>Ordine Geol. Lazio n. 928</i>	
IL RESPONSABILE DEL S.I.A. <i>Dott. Arch. GIOVANNI MAGARO'</i> <i>Ordine Arch. di Roma n. 16183</i>	
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Geom. FABIO QUONDAM</i>	
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Dott. Ing. SALVATORE FRASCA</i>	
PROTOCOLLO	DATA

IMPIANTI
RELAZIONE TECNICA GENERALE

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE		
PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.		TOOIM00IMPRES01_A.dwg					
L O P L S C	D	1601	C O D I C E E L A B. T O O I M 0 0 I M P R E 0 1			A	-
D							
C							
B							
A	Nuova emissione a seguito indirizzo MIT del 11-05-2016		SET 2017	Ing. A. Vitali	Ing. M. Ignesti	Ing. P. Valerio	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	GENERALITÀ	3
1.2	GLOSSARIO.....	3
2	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI	7
3.1	GENERALITÀ	7
4	PROGETTO ILLUMINOTECNICO SOTTOPASSO STRADALE	7
4.1	GENERALITÀ	7
4.1.1	<i>Requisiti illuminotecnici</i>	7
4.1.2	<i>Riferimenti normativi</i>	8
4.1.3	<i>Prescrizioni illuminotecniche</i>	8
4.2	DIMENSIONAMENTO ILLUMINOTECNICO.....	9
4.2.1	<i>Illuminazione e lunghezza zona di entrata</i>	9
4.2.2	<i>Illuminazione nel tratto interno</i>	16
4.2.3	<i>Illuminazione notturna zona interna</i>	18
4.2.4	<i>Luminanza delle pareti</i>	18
4.2.5	<i>Uniformità di luminanza</i>	18
4.2.6	<i>Limitazione dell'abbagliamento</i>	19
4.2.7	<i>Illuminazione di emergenza</i>	19
4.2.8	<i>Scelte progettuali</i>	19
4.2.9	<i>Caratteristiche specifiche</i>	20
4.2.10	<i>Funzionamento impianto</i>	21
5	PROGETTO ILLUMINOTECNICO DEGLI IMPIANTI ALL'APERTO ED A SERVIZIO DEI SOTTOPASSI PEDONALI	21
5.1	DESCRIZIONE	21
5.2	GENERALITÀ	23
5.3	ILLUMINAZIONE IN ITINERE E DELLE INTERSEZIONI LINEARI A RASO ED A ROTATORIA.....	23
5.3.1	<i>Identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso</i>	23
5.3.2	<i>Identificazione della categoria illuminotecnica di progetto</i>	26
5.3.3	<i>Identificazione della categoria illuminotecnica di esercizio</i>	27
5.4	ILLUMINAZIONE DEI SOTTOPASSI PEDONALI.....	27
5.5	SIMULAZIONE ILLUMINOTECNICA	28
6	PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI	28
6.1	DATI DI PROGETTO.....	28
6.1.1	<i>Caratteristiche dell'alimentazione</i>	28
6.1.2	<i>Natura dei carichi</i>	28

6.1.3	Condizioni ambientali	28
6.2	IMPIANTO ELETTRICO – SCELTE PROGETTUALI	28
6.2.1	Suddivisione dell'impianto	28
6.2.2	Sezione dei conduttori.....	28
6.2.3	Tipi di condutture e relativi modi di posa.....	30
6.3	DISTRIBUZIONE ELETTRICA SOTTOPASSO STRADALE	32
6.4	DISTRIBUZIONE ELETTRICA ALL'APERTO	33
6.5	RELAZIONE DI CALCOLO	34
7	SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE	34
7.1	GENERALITÀ	34
7.2	FORNITURA DI SOSTEGNI, CORPI ILLUMINANTI E SISTEMI DI TELECONTROLLO	34
7.3	SOSTEGNI	35
7.3.1	Tipologia	35
7.3.2	Basamenti	35
7.3.3	Posa dei pali.....	35
7.4	APPARECCHI ILLUMINANTI	36
7.4.1	Tipologia apparecchi	36
7.4.2	Montaggio	36
7.4.3	Regolazione del flusso luminoso e gestione da remoto di impianti all'aperto e in galleria 36	
7.5	CAVIDOTTI	39
7.5.1	Tipo di posa.....	39
7.5.2	Pozzetti	39
7.6	LINEE DI ALIMENTAZIONE	40
7.6.1	Materiali costruttivi.....	40
7.6.2	Sezioni e distribuzione delle linee di alimentazione:	40
7.6.3	Sfilabilità dei cavi.....	40
7.6.4	Collegamento delle fasi ai punti luce	40
7.6.5	Giunzioni	40
7.6.6	Identificazione dei circuiti e delle fasi:.....	40
7.6.7	Derivazioni verso le armature stradali.....	41
7.7	IMPIANTO DI TERRA.....	41
7.8	QUADRI ELETTRICI	41
7.8.1	Caratteristiche	41

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

Questo documento costituisce la relazione tecnica relativa alla progettazione definitiva degli impianti di illuminazione all'esterno, di sottopassi pedonali e del sottopasso stradale di nuova realizzazione, nell'ambito del progetto denominato "Nuova S.S. 291 Collegamento Sassari-Alghero-Aeroporto – Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia".

Nella progettazione definitiva degli impianti d'illuminazione sono state adottate le soluzioni e individuate le tecnologie che soddisfano maggiormente i seguenti obiettivi:

- la sicurezza degli utenti stradali e degli operatori;
- facilità realizzativa;
- bassi costi per gli interventi di manutenzione;
- bassi costi di esercizio;
- risparmio energetico;
- controllo in remoto del sistema;
- rispetto degli standard aziendali.

In sede progettuale è stato fatto riferimento a determinate tipologie di apparecchi con definite prestazioni operative, funzionali e di resa, non essendo possibile progettare, ad equivalenza di prestazioni, su tutto lo spettro delle apparecchiature disponibili in commercio.

Pertanto, in relazione alle apparecchiature che si debbono ritenere specialistiche, i requisiti elencati negli elaborati progettuali possono essere sostituiti con requisiti tali da garantire caratteristiche funzionali e prestazioni operative e/o energetiche equivalenti o superiori a quelle riportate in questo contesto o nelle tavole progettuali, nel rispetto delle normative vigenti.

I riferimenti dei materiali di tipo commerciale, se presenti, sono da intendersi, in tutti gli elaborati progettuali, solo ed esclusivamente come dichiarazione esemplificativa di caratteristiche tecniche.

1.2 Glossario

Di seguito si riporta il significato di acronimi e/o di altri nomi tecnici utilizzati in questo documento.

Acronimo	Descrizione
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
CIE	International Commission on Illumination
LED	Light Emitting Diode
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione

2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi applicabili alla progettazione definitiva degli impianti di illuminazione.

Le principali norme applicabili sono:

- UNI 11095:2011 Luce e illuminazione - Illuminazione delle gallerie stradali;
- UNI EN 40-5:2003 Pali per illuminazione pubblica - Requisiti per pali per illuminazione pubblica di acciaio
- UNI EN 40-3-3:2013 Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica - Verifica mediante calcolo
- UNI EN 40-2:2004 Pali per illuminazione pubblica - Parte 2: Requisiti generali e dimensioni
- UNI 11248:2016 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201 – 2:2016 – Illuminazione stradale – Parte 2 – Requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201 – 3:2106 – Illuminazione stradale – Parte 3 – Calcolo delle prestazioni;
- UNI EN 13201 – 4:2106 – Illuminazione stradale – Parte 4 – Metodi delle misurazioni delle prestazioni fotometriche;
- UNI EN 13201 – 5:2106 – Illuminazione stradale – Parte 5 – Indicatori delle prestazioni energetiche;
- UNI 11431 – Luce ed illuminazione – Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso;
- EC 1 2016 UNI 11630:2016 – Luce ed illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico;
- CEN/TR 13201 -1- 2014 – Road lighting –Part 1 – Guidelines on selection of lighting classes;
- UNI 10819:1999 Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.
- CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic
- UNI EN 12464-1:2011 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interno
- UNI EN 12464-2:2014 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- CIE 126:1997 Guidelines for minimizing sky glow
- CIE 136:2000 Guide to the Lighting of Urban Areas
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto.
- CEI 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI del CT3 - Documentazione e Segni Grafici. Tutti i fascicoli in vigore.
- CEI 8-6 Tensioni nominali dei sistemi elettrici di distribuzione pubblica a bassa tensione.
- CEI 11-17:2011 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.
- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di corto circuiti nelle reti trifasi a corrente alternata.
- CEI 11-26 Calcolo degli effetti delle correnti di corto circuito.

- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione.
- CEI 11-48 (CEI EN 50110-1) Esercizio degli impianti elettrici.
- CEI 11-49 (CEI EN 50110-2) Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali).
- CEI del CT16 - Contrassegni dei terminali ed altre identificazioni: tutti i fascicoli in vigore.
- CEI 16-2 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori.
- CEI 16-4 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Individuazione dei conduttori tramite colori o codici alfanumerici.
- CEI 16-7 Elementi per identificare i morsetti e la terminazione dei cavi.
- CEI 17-13/2 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre.
- CEI 17-13/3 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione (ASD).
- CEI 17-13/4 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC).
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.) non di serie (ANS).
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al cortocircuito delle apparecchiature assiemate non di serie (ANS).
- CEI 17-70 Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione.
- CEI 17-71 Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione". Prescrizioni generali.
- CEI 20-13, 20-14, 20-19, 20-20, 20-22 II, 20-35, 20-36, 20-37, 20-45, 20-65, relativamente ai vari tipi di cavi elettrici.
- CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1: in regime permanente (fattore di carico 100%).
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione.
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi a 0,6/1 kV.
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- CEI 64-7 Impianti di illuminazione situati all'esterno con alimentazione serie
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale o terziario.
- CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (Codice IP).
- Norme del CT 70 – involucri di protezione: tutti i fascicoli.
- CEI 81-2 "Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini".
- CEI 81-10/1 Protezione contro i fulmini. Parte 1: principi generali.
- CEI 81-10/2 Protezione contro i fulmini. Parte 2: valutazione del rischio.
- CEI 81-10/3 Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.

- CEI 81-10/4 Protezione contro i fulmini. Parte 4: impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.
- CEI EN 60598-1:2009 Apparecchi di illuminazione - Parte 1: Prescrizioni generali e prove
- CEI EN 60598-2-3:2003 Apparecchi di illuminazione - Parte 2-3: Prescrizioni particolari - Apparecchi per illuminazione stradale
- CEI UNI 70029:1998 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza
- CEI UNI 70030:1998 Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa
- Tabelle CEI-UNEL 00721 Colori del rivestimento esterno dei cavi interrati.
- Tabelle CEI-UNEL 00722 Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali U_0/U non superiori a 0,6/1 kV.

Le principali disposizioni legislative applicabili sono:

- Direttiva Presidenza Consiglio Ministri 3/3/99 "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici";
- DM 21 Marzo 1988, n°449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne";
- DM 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".
- DM 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- DPR 495/92 e s.m.i. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";
- Legge n° 186 del 01.03.1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici costruiti "a regola d'arte".
- Legge n° 791 del 18.01.1977 Attuazione della Direttiva n° 73/23/CEE (abrogata dalla Direttiva n° 2006/95/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere impiegato entro alcuni limiti di tensione.
- Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008 "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici"
- D.lgs 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i. - Nuovo codice della strada
- D.lgs. n°81/2008 e s.m.i. "Testo Unico sulla Sicurezza".
- D.Lgs. 16 giugno 2017, n. 106 (Regolamento Prodotti da Costruzione, CPR), "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/CEE".

D.G.R. n. 48/31 del 29/11/07 della Regione Sardegna "Linee guida e modalità tecniche d'attuazione per la riduzione dell'inquinamento luminoso e acustico e il conseguente risparmio energetico".

Le direttive applicabili sono:

- 2006/95/CE Direttiva Bassa Tensione.
- 2004/108/CE Direttiva compatibilità elettromagnetica

3 DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

3.1 Generalità

Questo capitolo inquadra l'intervento di progettazione definitiva relativo agli impianti di illuminazione all'aperto, dei sottopassi pedonali e del sottopasso stradale di nuova realizzazione, nell'ambito del progetto denominato "Nuova S.S. 291 Collegamento Sassari-Alghero-Aeroporto – Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia". I dettagli, le metodologie di progettazione e di calcolo sono riportati nei capitoli successivi di questo documento e negli allegati richiamati.

4 PROGETTO ILLUMINOTECNICO SOTTOPASSO STRADALE

4.1 Generalità

La galleria è del tipo artificiale con sezione rettangolare, a singolo fornice e traffico unidirezionale di lunghezza pari a 121 m, larghezza complessiva pari a 8 m ed altezza pari a circa 5,60 m dal piano viabile.

L'impianto di illuminazione sarà alimentato da un quadro elettrico denominato "QBT 1", posto in prossimità della rampa Nord diramazione Alghero, ed alimentato con fornitura in bassa tensione (400 V).

4.1.1 Requisiti illuminotecnici

La presente relazione precisa i criteri ed i riferimenti normativi che sono alla base del dimensionamento degli impianti di illuminazione e le procedure di calcolo utilizzate per giungere a definire le caratteristiche dei vari elementi costituenti l'impianto stesso delle galleria in progetto.

Il progetto è stato redatto in modo da rispettare le prescrizioni illuminotecniche espresse nella norma UNI 11095/2011.

Ai criteri di realizzazione degli impianti di illuminazione in galleria che di seguito si andranno a definire e che hanno per obiettivo il raggiungimento di un livello prestazionale complessivo dell'impianto, congruente con la sicurezza della circolazione veicolare in galleria, dovranno fare riferimento tutte le attività, le forniture e quanto altro a carico dell'impresa esecutrice dei lavori in modo da raggiungere a pieno gli obiettivi previsti.

Gli obiettivi ed i riferimenti progettuali sono:

- il livello di luminanza da realizzare sul manto stradale del tunnel e della parte bassa delle pareti laterali lungo lo sviluppo del tunnel stesso al fine di garantire le condizioni di sicurezza e del comfort visivo;
- il contenimento dei costi di primo impianto e di esercizio che condizionano le scelte tecniche;

- la uniformità della distribuzione di luminanza sul piano stradale compatibilmente con la variazione continua imposta nelle zone di soglia e di transizione;
- il controllo di fastidiosi effetti di abbagliamento.

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nella relazione di calcolo.

4.1.2 Riferimenti normativi

I riferimenti normativi applicabili sono di seguito elencati:

- Norma UNI 11095/2011 – “Illuminazione delle gallerie stradali”
- UNI EN 13201-2/2016 – “Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali”
- D.M. 14/09/2005 – “Norme di illuminazione delle gallerie stradali”
- Direttiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29/04/2004 relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea
- D.Lgs. n. 264 del 05/10/2006 “Attuazione della Direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea”
- Circolare Anas n. 17/2006 con allegate Linee Guida ed. Novembre 2006 revisionate in data Ottobre 2009.
- UNI 11248/2016 “Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche”

4.1.3 Prescrizioni illuminotecniche

La Norma UNI 11095 divide la sezione longitudinale del tunnel in zone di riferimento, caratterizzate da differenti requisiti di luminanza che devono essere forniti dall'impianto di illuminazione:

- zona di accesso: tratto di strada all'aperto immediatamente precedente la sezione di ingresso in galleria, di lunghezza pari alla distanza di riferimento (presunzione di arresto);
- zona di entrata: tratto interno dalla sezione di ingresso in galleria, di lunghezza almeno pari alla distanza di riferimento, lungo il quale l'illuminazione deve garantire un valore di luminanza media tale da consentire al conducente di un veicolo in avvicinamento di individuare dalla distanza di riferimento l'ostacolo di riferimento;
- zona di transizione: è il tratto interno della galleria successivo alla zona di entrata, lungo il quale i valori di luminanza media della carreggiata in sezioni trasversali della galleria vengono ridotti gradualmente per consentire all'occhio del conducente di un veicolo di adattarsi ai livelli di luminanza più bassi della zona interna;

- zona interna: è il tratto interno della galleria successivo alla zona di transizione, lungo il quale devono essere forniti valori di luminanza media tali da consentire il percorso della galleria in sicurezza e garantire la percezione dell'ostacolo di riferimento;
- zona di uscita: è la zona terminale della galleria; in questo tratto la visibilità del conducente è influenzata dalla luce esterna. Solitamente la visibilità non è critica in quanto gli eventuali ostacoli sono individuati come corpi scuri su fondo chiaro.

L'impianto di illuminazione deve quindi essere realizzato per garantire:

- ⇒ una illuminazione di **rinforzo** nel tratto iniziale di galleria, la cui estensione, andamento e livello di luminanza sulla strada, sono dipendenti dalla luminanza esterna e dalla velocità di progetto;
- ⇒ una illuminazione **permanente** distribuita per tutta la lunghezza della galleria, accesa sia nelle ore diurne che notturne al fine di garantire i livelli di luminanza minima imposti dalle norme di riferimento.

4.2 Dimensionamento Illuminotecnico

Prima di sviluppare il dimensionamento illuminotecnico, al quale si procede con l'ausilio di un elaboratore elettronico e di un opportuno software, è necessario procedere alla definizione di una serie di dati di seguito riportati.

4.2.1 Illuminazione e lunghezza zona di entrata

La luminanza di entrata L_e è data dalla formula:

$$L_e = c L_v$$

dove:

L_v è la luminanza debilitante

c è un fattore dipendente dal tipo di impianto definito dal prospetto 1 della UNI 11095 vale 0,23 per impianti contro flusso, 0,25 per impianti simmetrici e 0,32 per impianti proflusso.

La lunghezza della galleria in progetto risulta inferiore a 125 m, e quindi risulta compresa tra le "gallerie corte" secondo la UNI 11095:2011: da una valutazione dei fattori di influenza del prospetto 2, è possibile ridurre il valore della luminanza di entrata del 50%. Infatti, la galleria è su una strada di tipo B e non prevede pertanto presenza di pedoni, ciclisti o animali, la sezione di uscita è totalmente visibile dalla distanza di riferimento, la luce penetra bene in galleria e la luminanza delle pareti è evidentemente adeguata poiché di nuova realizzazione.

Pertanto, il valore risulta:

$$L_e = 45 \text{ cd/m}^2$$

La luminanza debilitante è data da:

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

dove:

L_{seq} è la luminanza di velo equivalente

L_{atm} è la luminanza atmosferica

L_{par} è la luminanza del parabrezza

L_{cru} è la luminanza del cruscotto

La luminanza equivalente di velo L_{seq} è definita dalla formula:

$$L_{seq} = 10 \cdot \int_{\Theta} \frac{dE}{\theta^2}$$

dove:

dE è il contributo infinitesimo dell'illuminamento prodotto dalla luce proveniente dalla direzione individuata dall'angolo θ sul piano perpendicolare alla direzione di osservazione, nel punto di misura o calcolo;

θ è l'angolo in gradi compreso tra la direzione di provenienza della luce e la direzione di osservazione degli occhi del conducente

Θ è l'angolo solido di integrazione individuato dallo spazio limitato da 2 coni circolari con vertice nel punto di osservazione ed asse parallelo alla direzione di osservazione, di cui quello interno con semiapertura di 1° e quello esterno con semiapertura di $28,4^\circ$, quest'ultimo essendo inoltre sezionato superiormente ed inferiormente dal diedro avente spigolo orizzontale passante per i vertici dei 2 coni e formato dai 2 semipiani inclinati di 20° sopra e sotto la direzione di osservazione.

La luminanza L_{atm} dello strato di atmosfera compreso tra l'occhio dell'osservatore alla distanza di arresto e la sezione d'ingresso in galleria è dovuta alla diffusione atmosferica del flusso luminoso proveniente dal sole e dalle superfici emittenti che costituiscono i dintorni dell'imbocco.

Il suo valore è determinato dalla formula che segue (di Padmos ed Alferdinck):

$$L_{atm} = 1,3 \frac{d_a \cdot E_h}{\pi \cdot V_m}$$

in cui:

E_h è l'illuminamento orizzontale [lx];

d_a è la distanza di arresto [m];

V_m è la distanza di visibilità meteorologica [m], ossia la distanza alla quale a causa della luminanza dell'atmosfera un oggetto nero osservato sullo sfondo del cielo all'orizzonte presenta un contrasto pari a 0,05.

La luminanza del parabrezza L_{par} e del cruscotto L_{cru} sono stimate in base alla luminanza di velo equivalente L_{seq} secondo le seguente formula:

$$L_{par} + L_{cru} = 0,4 \cdot L_{seq}$$

Poiché la luminanza debilitante varia giornalmente, con le stagioni, con le condizioni meteorologiche ed ambientali, in base all'indicazione della norma si può considerare il valore della **luminanza debilitante progettuale L_{V75}** , ovvero il valore massimo della luminanza debilitante che si presenta nel corso di un anno, con l'esclusione di quelle punte più elevate che complessivamente coprono una durata massima di 75 ore all'anno.

La stima di tale valore può essere ottenuta:

- con misurazioni dirette della L_V e dei parametri ambientali in una o più condizioni ambientali, correlando il probabile andamento annuale di tali parametri con il valore di L_V tramite fattori correttivi;
- con valutazioni statistiche dei singoli addendi della seguente formula:

$$L_{V75} = 1,4 L_{seq75} + L_{atm75}$$

- con combinazione dei due metodi.

Per stimare il valore di L_{seq75} si ricorre normalmente al diagramma polare di fig. 1, costituito da 9 anelli concentrici suddivisi in 12 settori, angularmente uguali e pari a 30°, ma di altezza tale che l'area di ciascun settore, produca la stessa luminanza di velo equivalente qualora soggetto ad una luminanza costante.⁽¹⁾

⁽¹⁾ La scala del diagramma polare dipende dalla distanza di arresto.

Un modo grafico per la determinazione dei diametri delle circonferenze concentriche è il seguente:

rilevato il rapporto di scala $r = d_{foto}/d_{reale}$ della fotografia in base ad una dimensione nota,

i diametri delle circonferenze d_c sono dati da:

$$d_c = 2 \cdot \text{tg} \theta \cdot d_a \cdot r$$

ove θ sono gli angoli definiti dal Prospetto I e d_a è la distanza d'arresto.

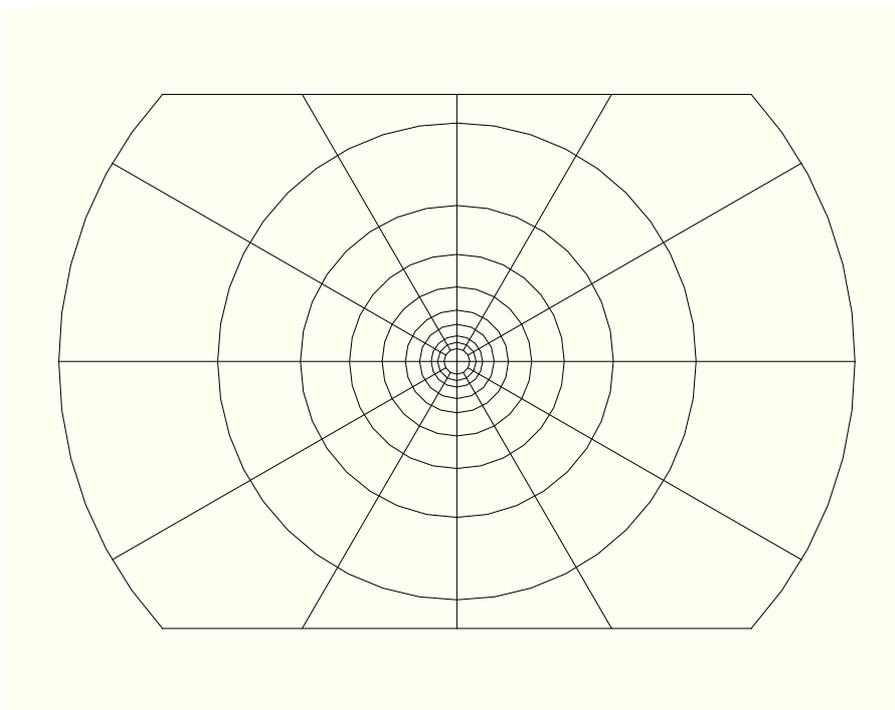


Fig. E.1 - Diagramma polare per la valutazione di L_{seq75}

Il diagramma, che troncato sotto e sopra per tener conto delle limitazioni di visibilità del parabrezza, viene sovrapposto ad una fotografia del fornice di ingresso fatta da una distanza maggiore della distanza di arresto e con un obiettivo che copra un angolo di visuale orizzontale maggiore di 60° .

Gli angoli sottesi dai raggi delle circonferenze che limitano i settori del diagramma polare, visti dalla distanza di arresto, sono ripresi nel prospetto seguente.

Prospetto E.1

Circonferenza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Apertura θ	$1,0^\circ$	$1,5^\circ$	$2,0^\circ$	$2,9^\circ$	$4,0^\circ$	$5,8^\circ$	$8,3^\circ$	$12,0^\circ$	$18,0^\circ$	$28,4^\circ$

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

Le luminanze medie (misurate o stimate mediante il prospetto II) delle superfici emittenti che interessano ciascuno dei 108 settori di cui è costituito il diagramma hanno lo stesso peso sulla L_{seq75} che può quindi essere calcolata con la formula:

$$L_{seq75} = 0,51 \cdot \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{12} L_{ij75}$$

in cui $L_{i,j75}$ è convenzionalmente il valore massimo che si presenta per almeno 75 h nell'arco di un anno della luminanza della superficie emittente dell'i-esimo anello e del j-esimo settore del diagramma polare di fig. E.1, in chilocandele al metro quadro.

Prospetto E.2 - Valori di luminanza da considerare nella stima di L_{seq75}

Direzione di marcia	Luminanza [$kcd \cdot m^{-2}$]					
	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.

Di seguito è riportato il valore di luminanza L_e all'imbocco, ottenuto utilizzando il diagramma di Adrian, unitamente ai valori di input attribuiti nel contesto proprio della galleria in progetto.

Cliente: Anas S.p.A.	Nome galleria: Sottopasso SS291 lotto 1-Alghero	lunghezza galleria: 120.0 m
Corta	Velocità di progetto 50.0Km/H (13.89 m/s)	Pendenza: 0.0 %
Stato della carreggiata: Asciutta	Tipo di strada: Strada normale	Senso di marcia: Verso Sud (pianeggiante)
Latitudine: 40.0°	Illuminamento orizzontale 60.0 klx	Tipo: Controflusso qp=0.6
Condizioni atmosferiche: Molto limpido	Classe ME: ME3 (1.00 cd/m2rd)	Senso unico
Luminanza interna: 1.5 cd/m2rd	Distanza di visibilità per l'arresto 47.0 (DR31.9)	Luminanza atmosferica: 129.7 cd/m2rd
	Standard: U	

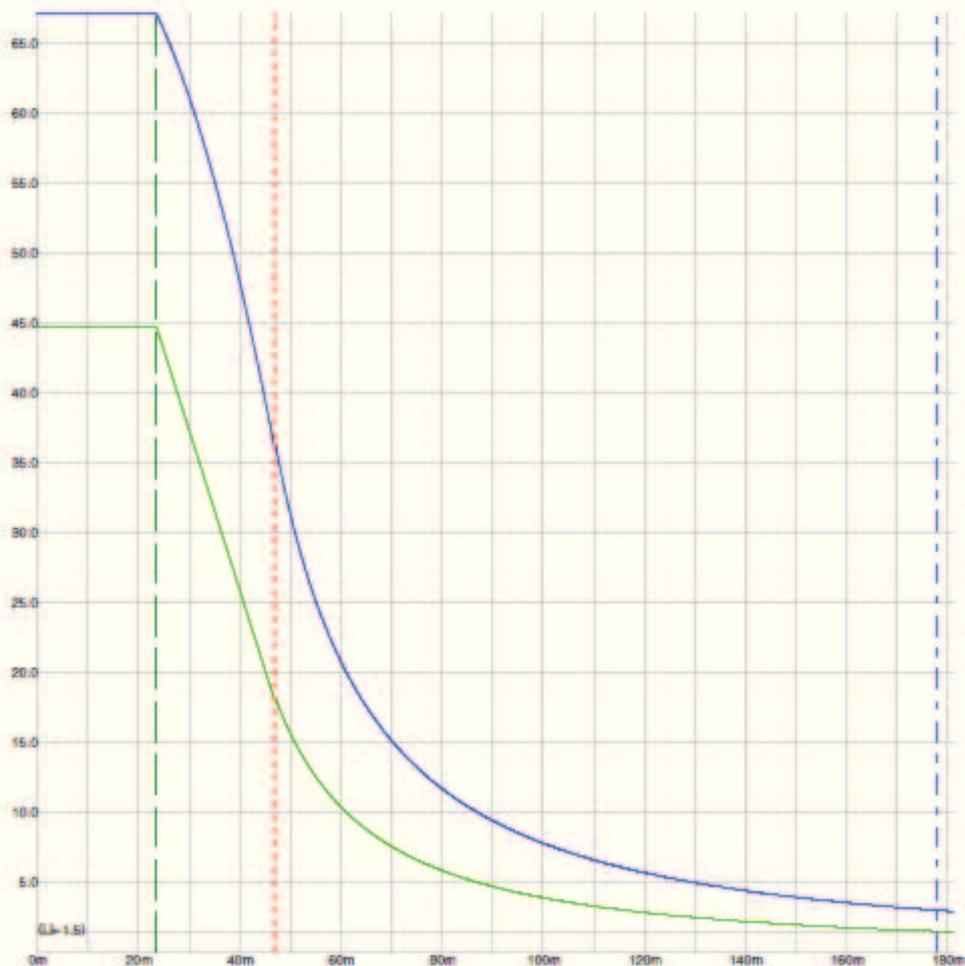
Nome situazione STANDARD

Cielo	Strada	Roccia	Edifici	Neve	Vegetazione
16.00	5.00	1.00	4.00	15.00	2.00

Luminanza Griglia: 363.5 kod/m2rd

Luminanza Lseq: 185.4 cd/m2rd
 Luminanza atmosferica: 129.7 cd/m2rd
 Luminanza del parabrezza: 74.2 cd/m2rd
 Galleria corta, Luminanza velante: 194.6 cd/m2rd
 Luminanza imbocco: 44.8 cd/m2rd

Lunghezza zona di transizione 130.7 m



Analogamente, la luminanza atmosferica progettuale L_{atm75} si può ricavare dalla precedente formula di L_{atm} inserendo i dati relativi all'illuminamento orizzontale E_{h75} e alla distanza di visibilità V_{m75} :

$$L_{atm75} = 1,3 \frac{d_a \cdot E_{h75}}{\pi \cdot V_{m75}}$$

dove i dati relativi a E_{h75} e V_{m75} possono essere ricavati dai seguenti prospetti:

Prospetto E.3 – Illuminamenti orizzontali convenzionali E_{h75}

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

Prospetto E.4 – Distanza di visibilità meteorologica V_{m75}

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

Nel caso in esame si ha che:

$$L_v = 195 \text{ cd/m}^2$$

Per l'intera lunghezza della zona di entrata, pari alla distanza di riferimento, la luminanza stradale deve garantire la percezione di un eventuale ostacolo da parte del conducente in avvicinamento. Questa condizione si considera soddisfatta se nella prima metà della zona di entrata la luminanza stradale media è maggiore o uguale alla luminanza di entrata L_e , mentre nella seconda metà della zona di entrata la luminanza trasversale media decresce linearmente (o a gradini) con la distanza a partire dal valore di L_e fino al punto iniziale della luminanza di transizione.

La luminanza media della pavimentazione stradale nella zona di transizione deve decrescere in modo da risultare non minore del valore ottenibile dalla formula (L_t : luminanza di transizione):

$$L_t = \frac{L_e}{(1,9 - t)^{1,4}}$$

oppure:

$$L_t = \frac{L_e}{\left(1,9 + \frac{3,6 \times X_v}{v}\right)^{1,4}}$$

dove:

- L_e è la luminanza di entrata per $L_v=L_v75$
- t è il tempo di percorrenza lungo la galleria alla velocità di progetto, misurato dall'inizio della zona di transizione, in secondi
- X_v è la distanza lungo la galleria misurata dall'inizio della zona di transizione, in metri
- v è la velocità di progetto, in chilometri/ora.

La lunghezza del tratto di transizione è determinata dalla condizione che esso termini quando la luminanza ha raggiunto il valore della luminanza interna richiesta.

Considerata la lunghezza della galleria in oggetto, risulta che quasi tutta la galleria ricade nella "zona di transizione".

4.2.2 Illuminazione nel tratto interno

La luminanza media mantenuta della zona interna L_i deve essere:

- per gallerie a senso unico di marcia: $L_i \geq 1,5 \cdot L$
- per gallerie a doppio senso di marcia: $L_i \geq 2,0 \cdot L$

dove L è il valore minimo della luminanza media mantenuta indicato nella UNI EN 13201-2/2016 (Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali) per la classe relativa al tipo di strada di accesso alla galleria, definita dalla UNI 11248/2016 (Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche).

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
A₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A₂	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)	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	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	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 altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare	30	

Nel caso in oggetto, dunque, si dovrà avere che la luminanza interna dovrà essere superiore a 1,5 volte il valore della Luminanza media mantenuta indicato nel seguente prospetto nella 2° colonna, in funzione della categoria illuminotecnica della strada che è pari ad M3:

Prospetto 1 - Categorie illuminotecniche M

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	Asciutto			Asciutto	Asciutto
	L media in cd/m^2 [minima mantenuta]	U_0 [minima]	U_I [minima]	f_{TI} [massima] %	R_{EI} [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	20	0,30

Ne risulta che la luminanza media mantenuta della zona interna L_j dovrà essere ad un livello non inferiore a **1,5 cd/m^2** .

Il suddetto valore è ampiamente garantito dall'illuminazione permanente.

4.2.3 Illuminazione notturna zona interna

La luminanza media della carreggiata nelle **ore notturne** dovrà essere non inferiore a **1 cd/m^2** .

4.2.4 Luminanza delle pareti

La luminanza media delle pareti, per un'altezza almeno pari a 2 m sopra la carreggiata, non deve essere minore del 60% della luminanza media della carreggiata.

4.2.5 Uniformità di luminanza

I valori di uniformità della luminanza devono essere:

- U_0 ed $U_t \geq 0,5$ sulla carreggiata
- U_0 ed $U_t \geq 0,4$ sulle pareti
- $U_I \geq 0,7$ sulla carreggiata

- $U_l \geq 0,6$ sulle pareti

Dove:

- U_0 è l'uniformità di luminanza generale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e media [UNI EN 13201-2]
- U_l è l'uniformità di luminanza longitudinale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e massima [UNI EN 13201-2], rilevata lungo la mezzera di una corsia di marcia per la carreggiata
- U_t è l'uniformità di luminanza trasversale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e media trasversale nella stessa sezione della superficie di calcolo [UNI 11095]

4.2.6 Limitazione dell'abbagliamento

L'incremento di soglia TI, ovvero la misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento debilitante degli apparecchi di un impianto di illuminazione stradale, non deve superare il 10% nelle zone a luminanza costante e il 20% nelle zone a luminanza variabile.

4.2.7 Illuminazione di emergenza

Per le gallerie di lunghezza inferiore a 500 m non è necessario alcun impianto di illuminazione di emergenza.

4.2.8 Scelte progettuali

Data la lunghezza della galleria in oggetto, si è previsto di utilizzare, per l'illuminazione di rinforzo, proiettori a controflusso mentre l'illuminazione permanente è caratterizzata da proiettori a flusso simmetrico.

All'entrata del sottopasso, sarà previsto un impianto di illuminazione di rinforzo, con corpi illuminanti con ottiche asimmetriche del tipo a LED a diversi valori di potenza e flusso luminoso. I proiettori sono previsti posizionati sulla sola canale di destra, inclinati di 45° verso l'interno, con direzione del flusso contrario alla marcia (controflusso).

Di seguito sono riportati i valori di potenza e di flusso emesso dai proiettori di rinforzo previsti che realizzano le prestazioni richieste per la galleria in progetto:

- 359 W – 43.680 lm
- 257 W – 31.200 lm
- 154 W – 18.720 lm
- 103 W – 12.480 lm
- 51 W – 6.240 lm

L'illuminazione permanente/notturna sarà realizzata con corpi illuminanti ad ottica simmetrica del tipo a LED da 51 W di potenza assorbita e con flusso luminoso di 6.240 lm, disposti a quinconce sulle due canale ed inclinati di 35°.

Per il dettagli relativi alle caratteristiche dei corpi illuminanti previsti si rimanda agli altri elaborati progettuali.

4.2.9 Caratteristiche specifiche

L'impianto di illuminazione sarà realizzato con proiettori specifici con corpo in pressofusione/estruso di alluminio con ottica asimmetrica per l'illuminazione di rinforzo e simmetrica per quella permanente.

I proiettori, completi di accessori, saranno equipaggiati con sorgenti a LED per una potenza variabile da 359 W per il rinforzo fino a 51 W per la permanente.

I corpi illuminanti saranno ancorati alla passerella asolata mediante staffe sagomate e relativi accessori tutto in acciaio inox. I circuiti di illuminazione di rinforzo saranno realizzati con cavo di tipo FG16M16 - 0,6/1 kV, unipolare, flessibile, non propaganti l'incendio, isolati in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica speciale di qualità M16, rispondente alle norme CEI e conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11), mentre per i circuiti di illuminazione permanente saranno utilizzati cavi di tipo resistente al fuoco FTG10(O)M1-0.6/1 kV. Per quanto riguarda la derivazione elettrica, per l'alimentazione dei proiettori utilizzati per i circuiti di rinforzo e permanenti, questa verrà realizzata mediante cassette in lega di alluminio avente classe II di isolamento, collegata ad una presa CEE 2x16A tramite un cavo multipolare a doppio isolamento. Il proiettore sarà corredato da una spina CEE 2x16A che andrà inserita nella presa di cui sopra garantendo oltre al collegamento elettrico anche un facile e veloce scollegamento del proiettore in caso di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Le cassette di derivazione dei proiettori che costituiscono l'emergenza sono del tipo resistente al fuoco collegata ad una presa CEE 2x16A tramite un cavo multipolare, resistente al fuoco, a doppio isolamento. Il proiettore sarà corredato da una spina CEE 2x16A che andrà inserita nella presa di cui sopra garantendo oltre al collegamento elettrico anche un facile e veloce scollegamento del proiettore in caso di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Per quanto riguarda il numero dei circuiti elettrici di alimentazione, il presente progetto prevede, per ciascun fornice, la seguente configurazione:

- n. 2 circuiti monofase per illuminazione permanente e notturna;
- n. 2 circuiti trifase per illuminazione di rinforzo;
- n. 1 circuito per alimentazione rilevatore di luminanza posto all'esterno dell'imbocco;

Le caratteristiche dei corpi illuminanti, delle canalizzazioni, delle linee elettriche, il dimensionamento di tutti i componenti facenti parte dell'impianto, il numero e la consistenza di tutte le apparecchiature e dei materiali sono descritti negli allegati elaborati grafici e di calcolo.

4.2.10 Funzionamento impianto

Al fine di garantire la sicurezza del traffico ed il risparmio energetico, l'illuminazione della galleria deve poter variare proporzionalmente alla luminanza debilitante misurata dalla distanza di riferimento. A tal fine sarà installato, a circa 100 metri dall'imbocco, un luminanzometro in grado di "vedere" l'illuminamento naturale (luminanza debilitante - cd/mq) all'ingresso. La sonda sarà installata ad un'altezza di circa 5 metri in modo da non essere influenzata dal traffico pesante e sarà puntata sulla mezzeria della sezione d'entrata a 1,5 metri dal piano della carreggiata.

Sarà possibile quindi, durante le ore diurne, regolare l'intensità dell'illuminazione di rinforzo per adattarla alle condizioni esterne. A tal fine saranno installate all'interno di ciascun proiettore di rinforzo, idonee schede di interfaccia che comunicheranno con la centralina posta in cabina. In particolare si prevede di installare un sistema di controllo e diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde convogliate tra regolatore e singoli proiettori a LED, secondo le prescrizioni della EN 50065-1 (trasmissioni di segnali su rete elettriche a bassa tensione nella gamma di frequenze da 3 a 148,5 kHz). Con questa opzione è possibile controllare il singolo punto luce, realizzare scenari personalizzati di illuminazione, verificare il consumo energetico dell'impianto e segnalare eventuali guasti. Il sistema previsto si integra con altri sistemi di controllo presenti o futuri.

La tecnologia LED permette di ottimizzare i livelli di dimmerazione fino al 15-20% del loro flusso iniziale mantenendo sempre le condizioni percettive necessarie e garantendo una sensibile riduzione dei consumi.

Durante le ore notturne rimane accesa la sola illuminazione permanente (notturna) che è in grado di garantire il livello di luminanza richiesto per la viabilità notturna, ovvero un valore non inferiore a 1 cd/m².

5 PROGETTO ILLUMINOTECNICO DEGLI IMPIANTI ALL'APERTO ED A SERVIZIO DEI SOTTOPASSI PEDONALI

5.1 Descrizione

La necessità dell'impianto di illuminazione stradale in corrispondenza degli svincoli è indicata dal D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale, al punto 6 dell'allegato, prescrive che "l'illuminazione delle intersezioni stradali deve essere sempre prevista nei seguenti casi:

- Nodi di Tipo 1: intersezioni a livelli sfalsati con eventuali manovre di scambio (svincolo)
- Nodi di Tipo 2: Intersezioni a livelli sfalsati con manovre di scambio o incroci a raso

Mentre per i Nodi di Tipo 3 (intersezioni a raso) l'illuminazione deve essere realizzata nei casi in cui si accerti la ricorrenza di particolari condizioni ambientali locali, invalidanti ai fini della corretta percezione degli ostacoli, come la presenza di nebbia o foschia.

La tipologia dei nodi è definita nella figura dell'allegato qui di seguito riportata:

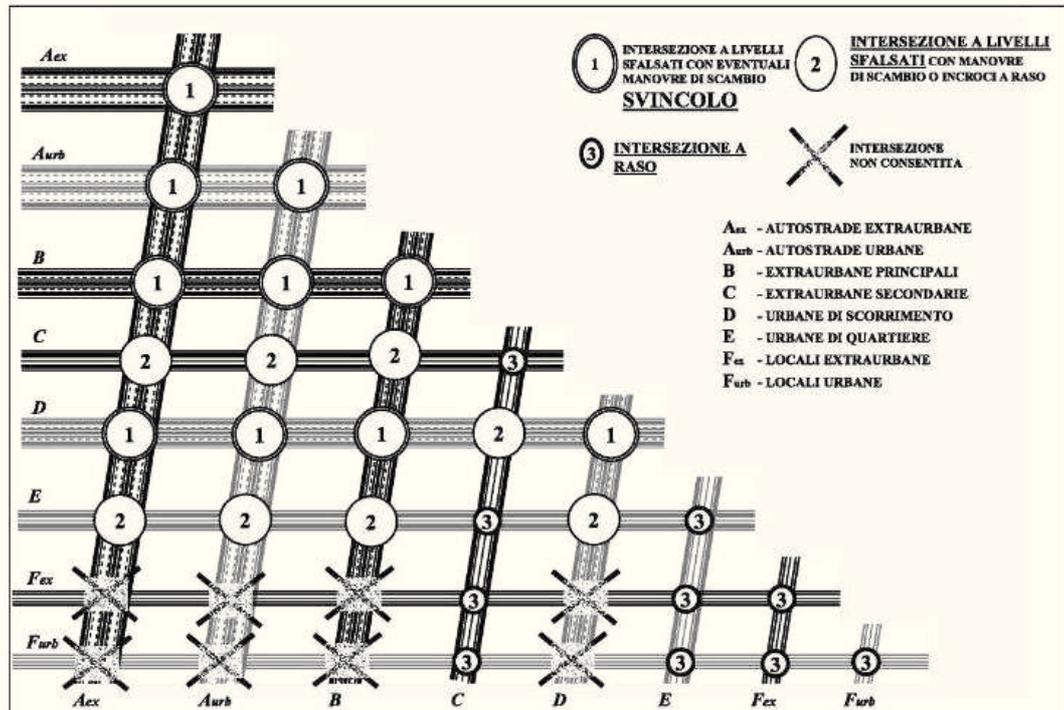


Figura 3 - Organizzazione delle reti stradali e definizione delle intersezioni ammesse (come livelli minimi).

La modalità di illuminare gli svincoli stradali deriva dall'applicazione della norma tecnica UNI 11248:2016 "Illuminazione stradale: Selezione delle categorie illuminotecniche", preposta alla definizione delle caratteristiche prestazionali degli impianti di illuminazione stradale, insieme al resto del quadro normativo (UNI EN 13201-2-3-4).

La norma, che si basa sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115:2010 e sui principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1 fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona della strada in relazione alla categoria illuminotecnica individuata dalla norma stessa.

Lo scopo è quello di contribuire, per quanto di competenza dell'impianto di illuminazione, alla sicurezza degli utenti della strada, alla sicurezza pubblica e al buon smaltimento del traffico.

Con questi riferimenti, vengono forniti gli elementi per selezionare le zone di studio, individuare le categorie illuminotecniche e le caratteristiche per definire le procedure di calcolo e di verifica, nonché, in particolare, per fornire i criteri decisionali sull'opportunità di illuminare una strada.

L'applicazione della norma consente la configurazione di un impianto che garantisca la massima efficacia di contributo alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne e soprattutto permetta il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale.

Ciò premesso, le scelte progettuali adottate per l'illuminazione delle diverse tratte stradali interessate dal presente progetto, consentono una suddivisione degli impianti in base ai requisiti illuminotecnici richiesti, come di seguito riportato, per il Lotto 1:

- Nuova circonvallazione di Alghero tra la rotatoria R2 e la rotatoria R3 (esclusa dal presente appalto);
- Rotatoria R2;
- Diramazione Alghero rampa Sud (immissione);

- Diramazione Alghero rampa Nord (diversione);
- Rampa direzione Alghero;
- Sottopasso pedonale Nord;
- Sottopasso pedonale Sud;
- Illuminazione di approccio alla Rotatoria 1 (esclusa dal presente appalto);
e per il Lotto 4:
- Rotatoria S.P. 42;
- Integrazione all'impianto di illuminazione già realizzato allo svincolo di Mamuntanas sulla bretella di collegamento con l'aeroporto di Fertilia;

Sono previste distinte forniture in bassa tensione, così come esplicitato negli elaborati progettuali.

La progettazione ha inoltre recepito le indicazioni contenute nella nota ANAS CDG-0155210-P del 26/11/2014 "Standardizzazione degli impianti tecnologici, contenimento e monitoraggio dei relativi consumi energetici" e quanto previsto nel D.G.R. n. 48/31 del 29/11/07 della Regione Sardegna "Linee guida e modalità tecniche d'attuazione per la riduzione dell'inquinamento luminoso e acustico e il conseguente risparmio energetico".

5.2 Generalità

Ai fini illuminotecnici le intersezioni stradali possono essere divise in:

- Intersezioni lineari a raso;
- Intersezioni a livelli sfalsati;
- Intersezioni a rotatoria.

Inoltre, sempre dal punto di vista illuminotecnico, una intersezione stradale può essere considerata un insieme di zone di conflitto, identificabili come:

- Zone di intersezione o attraversamento;
- Zone di diversione o uscita;
- Zone di immissione.

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nell'elaborato "Relazione di calcolo illuminotecnico".

5.3 Illuminazione in itinere e delle intersezioni lineari a raso ed a rotatoria

5.3.1 Identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso

5.3.1.1 Generalità

Questo capitolo dettaglia le scelte progettuali seguite nella redazione del presente progetto illuminotecnico.

Per ogni area di intervento si evidenziano i requisiti illuminotecnici con l'identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso.

Per quanto riguarda la nuova circonvallazione di Alghero tra le rotatorie R2 ed R3, l'esigenza di un impianto di illuminazione in itinere è giustificata da:

- Ambito urbano con volumi di traffico sostenuti;
- Presenza di percorso ciclopedonale e di marciapiede affiancati alla carreggiata;

- Diverse intersezioni a raso con la viabilità locale;
- Presenza di attraversamenti pedonali in prossimità delle due rotatorie.

Le rampe Nord e Sud della diramazione Alghero e la rampa direzione Alghero, sono classificabili come intersezioni lineari a raso, mentre le due rotatorie (R2 e S.P.42) rientrano naturalmente tra le intersezioni a rotatoria.

In generale, gli elementi che compongono l'intersezione lineare a raso o a rotatoria, per le loro caratteristiche geometriche e funzionali, possono essere illuminati applicando le categorie illuminotecniche della serie C, indicate nella norma UNI EN 13201-2 del 2016.

Poiché la nuova circonvallazione di Alghero è classificata come una tipo E (seppur adeguabile ad una tipo D), la categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi sarà pari ad **M3**, così come si evince dal prospetto 1 della UNI 11248:2016.

Il marciapiede ed il percorso ciclopedonale adiacenti alla circonvallazione, per quanto esposto nella appendice E della UNI 11248, assumono la categoria illuminotecnica di ingresso equivalente a quella dell'asse stradale, che, con riferimento al prospetto 6, sarà pari a **P1**.

Il prospetto 1 della norma UNI 11248:2016 di seguito riportato, esplicita la classificazione delle strade secondo la normativa vigente ed associa, a ciascuna di queste, una categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi. Per quanto riguarda le rampe, l'asse stradale viene adeguato ad una strada di tipo "D", per cui la categoria illuminotecnica di ingresso associata è **M2**.

Per quanto riguarda le rotatorie, queste vanno analizzate singolarmente:

- La rotatoria R2 ha un ramo di approccio illuminato, quindi, con riferimento al prospetto 6 della norma UNI 11248 del 2016, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere di un livello superiore rispetto alla maggiore tra quelle previste per i rami di approccio. In questo caso la categoria di ingresso maggiore è M3, per cui la categoria di ingresso per la rotatoria sarà pari a **C2**.
- La rotatoria S.P. 42 ha invece rami di approccio non illuminati, quindi, la sua categoria illuminotecnica di ingresso, sempre con riferimento al prospetto 6, sarà pari alla maggiore tra quelle previste per i rami di approccio, se questi fossero illuminati. In questo caso, essendo la bretella di collegamento per l'aeroporto di Fertilia una strada di tipo C1, la categoria di ingresso per la rotatoria sarà quindi pari a **C2**.

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
A₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A₂	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)	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	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	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 altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare	30	

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 $0,05 \text{ sr}^{-1} \leq Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 \geq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota Per il valore di Q_0 vedere punto 13 e l'appendice B.						

Prospetto 6 – UNI 11248:2016

Classe	Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza	Coefficiente medio di luminanza	Fattore di specularità	Gamma del fattore di specularità
C1	Vedere prospetto C.2	0,10	0,24	$S_t \leq 0,4$
C2	Vedere prospetto C.3	0,07	0,97	$S_t > 0,4$

Prospetto B.1 – UNI 11248:2016

5.3.2 Identificazione della categoria illuminotecnica di progetto

Le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio vengono calcolate attraverso un'analisi dei rischi, così come descritto nel cap. 8 della norma UNI 11248:2016. L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza, di seguito esplicitati, al fine di individuare le categorie illuminotecniche che garantiscono la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando, allo stesso tempo, i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

I parametri di influenza si distinguono tra quelli costanti nel lungo periodo (prospetto 2), in base ai quali si determina la categoria di progetto, e quelli variabili nel tempo (prospetto 3), che determinano le categorie illuminotecniche di esercizio, derivate da quella di progetto.

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto	1
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1

Prospetto 2 – UNI 11248:2016

In aggiunta a questi, l'utilizzo di apparecchi che emettono luce con indice generale di resa dei colori $R_a \geq 60$ e rapporto scotopico-fotopico $S/P \geq 1,10$, consente, nell'analisi dei rischi, un valore massimo di riduzione pari a 1.

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

Prospetto 3 – UNI 11248:2016

Nel presente progetto, l'utilizzo di apparecchi a LED ad alta efficienza consente la riduzione di 1 categoria illuminotecnica. Da una valutazione degli altri parametri di influenza non si rilevano le condizioni per una ulteriore riduzione di categoria illuminotecnica; tuttavia, nell'effettuare l'analisi dei rischi per le due rampe monodirezionali affiancate si sono valutati i parametri di influenza nel modo che segue:

Parametro di influenza	Valore di riduzione assegnato
Complessità del campo visivo normale	0,5
Assenza o bassa densità di zone di conflitto	0,5
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	0,2
Segnaletica stradale attiva	0
Assenza di pericolo di aggressione	0

Da questa valutazione, sommando i vari contributi, si ottiene un valore di riduzione pari a 1,2 e quindi, la riduzione di una ulteriore categoria illuminotecnica da quella di ingresso a quella di progetto.

Riassumendo, si ottengono le seguenti categorie di progetto:

- **M4** per la circonvallazione di Alghero e **P2** per marciapiede e percorso ciclopedonale;
- **C4** per le rampe;
- **C3** per le rotonde R2 e S.P. 42.

5.3.3 Identificazione della categoria illuminotecnica di esercizio

Coerentemente con quanto detto nel paragrafo precedente, si è effettuata una valutazione dei parametri di influenza variabili nel tempo, giungendo alla seguente conclusione:

Parametro di influenza	Valore di riduzione assegnato
Flusso orario di traffico < 50% rispetto alla portata di servizio	0,5
Flusso orario di traffico < 25% rispetto alla portata di servizio	0,2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	0

Per quanto sopra esposto, si conferma la categoria di progetto come categoria di esercizio, senza ulteriori riduzioni.

5.3.3.1 Calcolo illuminotecnico

Per garantire tali valori di luminanza o illuminamento medio e di uniformità generale, sono stati utilizzati apparecchi a Led di potenza e flusso luminoso differenti, montati su palo, con sbraccio di 2 m, ad una altezza pari a 10 m dalla sede stradale, con una interdistanza fissa di 37 m. Per le caratteristiche degli apparecchi illuminanti si rimanda agli elaborati progettuali.

5.4 Illuminazione dei sottopassi pedonali

Per l'illuminazione dei sottopassi pedonali Nord e Sud si è fatto riferimento alla norma UNI EN 12464-1, e più specificatamente al prospetto 5.53.3, in base al quale l'illuminamento medio a livello del pavimento deve essere pari a 50 lx con uniformità generale pari a 0,5.

Per garantire tali valori si sono utilizzate lampade fluorescenti da 54 W e flusso luminoso pari a 4450 lumen, come da relazione di calcolo illuminotecnico.

5.5 Simulazione illuminotecnica

La simulazione illuminotecnica è stata effettuata con un software specialistico e riportata nella “Relazione di calcolo illuminotecnico”.

6 PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

6.1 Dati di progetto

6.1.1 Caratteristiche dell'alimentazione

L'energia viene fornita, attraverso distinte forniture in bassa tensione, ai nuovi quadri elettrici, la cui ubicazione è individuata negli elaborati progettuali.

6.1.2 Natura dei carichi

I carichi elettrici sono costituiti principalmente dalle lampade a LED, la cui potenza singola, considerando anche il driver, è indicata negli elaborati grafici e nella relazione di calcolo.

6.1.3 Condizioni ambientali

Le opere sono realizzate in esterno.

6.2 Impianto elettrico – scelte progettuali

6.2.1 Suddivisione dell'impianto

Il numero ed il tipo dei circuiti necessari sono stati determinati sulla base dei seguenti punti:

- punti di consumo dell'energia richiesta;
- carico prevedibile nei diversi circuiti;
- natura dei carichi da alimentare;
- evitare pericoli e ridurre inconvenienti in caso di guasto;
- facilitare le ispezioni, le prove e la manutenzione in condizioni di sicurezza;
- selettività di intervento delle protezioni.
- sezionamento di parti di impianto in modo tale da garantire, per brevi periodi, l'illuminazione anche ad un livello degradato (ad esempio in casi particolari si illuminano solo alcune zone)

6.2.2 Sezione dei conduttori

La sezione dei conduttori è determinata in funzione:

- della loro massima temperatura di servizio;
- della caduta di tensione ammissibile;
- delle sollecitazioni elettromeccaniche alle quali i conduttori possono venire sottoposti;

- del valore massimo dell'impedenza che permetta di assicurare il funzionamento della protezione contro i cortocircuiti;
- della minima sezione commerciale disponibile.

6.2.2.1 Portata dei cavi

La portata dei cavi è determinata considerando una temperatura ambiente di 30° nel caso di posa in tubazioni o cassette, mentre nel caso di cavi posati interrati la temperatura del terreno considerata è di 20°C.

Per i cavi isolati in PVC, la temperatura massima consentita è di 70°C, mentre per i cavi isolati in EPR la temperatura massima consentita è stata di 90°C.

Per il calcolo della sezione del conduttore si è determinata la corrente di impiego I_B che il cavo deve portare e da confronto con la portata effettiva I_z del cavo stesso, determinata moltiplicando la portata nominale del cavo I'_z per un coefficiente correttivo k_{tot} derivante da:

- tipo di installazione;
- influenza dei circuiti vicini;
- numero di strati;
- temperatura ambiente.

si è imposto che:

$$I_z = I'_z * k_{tot}$$

e che:

$$I_B \leq I_z$$

6.2.2.2 Caduta di tensione ammissibile

La caduta di tensione è limitata entro il 4% anche se le armature a LED accettano cadute di tensioni superiori.

Il valore della caduta di tensione [V] è determinato mediante la seguente formula:

$$\Delta U = k I_B L (r \cos\phi + x \sin\phi)$$

ed in percentuale

$$\Delta U\% = \Delta U / U_n * 100$$

dove:

I_B è la corrente d'impiego nel conduttore [A];

- k è un fattore di tensione pari a 2 nei sistemi monofase e bifase e $\sqrt{3}$ nei sistemi trifase;
- L è la lunghezza del conduttore [km];
- r è la resistenza del conduttore [Ohm/km];
- x è la reattanza del conduttore [Ohm/km];
- U_n è la tensione nominale dell'impianto [V];
- $\cos\phi$ è il fattore di potenza del carico.

6.2.2.3 Sezioni minime dei conduttori

La sezione di fase minima dei circuiti a c.a. è imposta a:

- 2,5 mm² per cavi in Cu di circuiti di potenza;
- 0,5 mm² per cavi in Cu di circuiti di comando e di segnalazione;
- 16 mm² per conduttori monofase in Al dei circuiti di potenza.
- Il conduttore di neutro ha la stessa sezione dei conduttori di fase.

6.2.3 Tipi di condutture e relativi modi di posa

6.2.3.1 Scelta del tipo di conduttura e di posa

La scelta del tipo di conduttura e di posa è stata determinata da:

- natura dei luoghi;
- dalla possibilità che le condutture siano accessibili a persone e ad animali;
- dalla tensione;
- dalle sollecitazioni termiche ed elettromeccaniche che si possono produrre in caso di cortocircuito;
- dalle altre sollecitazioni alle quali le condutture possano prevedibilmente venire sottoposte durante la realizzazione dell'impianto elettrico o in servizio;
- facilità di realizzazione;
- disponibilità commerciale per cavi in alluminio.

6.2.3.2 Dispositivi di protezione

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione sono determinate secondo la loro funzione, come, ad esempio:

- protezione dalle sovracorrenti (sovraccarichi, cortocircuiti);
- protezioni dalle correnti di guasto a terra;
- protezione dalle sovratensioni;
- protezione dagli abbassamenti o dalla mancanza di tensione;
- protezione dai contatti indiretti.

6.2.3.3 Indipendenza dell'impianto elettrico

L'impianto elettrico è progettato in modo da escludere influenze mutue dannose tra lo stesso impianto elettrico e gli impianti non elettrici del comprensorio.

6.2.3.4 Accessibilità dei componenti elettrici

I componenti elettrici sono previsti in posizioni tali da rendere agevole la loro installazione iniziale e la successiva eventuale sostituzione, nonché per permettere l'accessibilità per ragioni di funzionamento, verifica, manutenzione o riparazione.

6.2.3.5 Scelta dei componenti elettrici

I componenti elettrici indicati nella relazione di calcolo elettrico sono stati scelti in funzione:

- del valore efficace della tensione al quale essi sono alimentati nell'esercizio ordinario;
- del valore efficace della corrente che devono portare nell'esercizio ordinario e dell'eventuale corrente che li può percorrere in regime perturbato per periodi di tempo determinati dalle caratteristiche dei dispositivi di protezione;
- della frequenza nominale dell'energia fornita;
- delle condizioni di installazione;
- della compatibilità con gli altri componenti elettrici;
- della prevenzione da effetti dannosi quali fattore di potenza, correnti di spunto, carichi asimmetrici, armoniche.

Tutte le apparecchiature indicate portano il marchio CE e IMQ, ove previsto. Il grado di protezione dei componenti è adeguato all'ambiente d'installazione.

6.2.3.6 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione è realizzata adottando i seguenti accorgimenti:

- Tutte le armature stradali previste negli svincoli sono in Classe II (doppio isolamento) e, pertanto, non è prevista la messa a terra;
- Conduttori di protezione di adeguata sezione a tutte le utenze elettriche non previste in classe II;
- protezioni differenziali a media ed alta sensibilità.

6.2.3.7 Protezione contro i sovraccarichi

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una linea è installato, a monte della stessa, un organo di protezione di caratteristiche tali da soddisfare e seguenti:

$$I_b < I_n < I_z$$
$$I_f < 1,45 * I_z$$

dove:

I_b corrente di impiego

I_n corrente nominale della protezione

I_z portata della linea nelle determinate condizioni di posa

I_f corrente convenzionale di funzionamento

Le protezioni rispettano il legame tra I_f ed I_n stabilito dalle Norme CEI 17-5 e 23-3.

6.2.3.8 Protezione contro i corto circuiti

I dispositivi di protezione nei quadri e sulle apparecchiature hanno potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presente nel punto ove è installato il dispositivo.

E' eseguita la verifica termica dei conduttori nelle condizioni di corto circuito, secondo quanto stabilito dalla Norma CEI 64-8.

6.2.3.9 Protezione contro le ustioni

Le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano sono tali da non raggiungere le temperature indicate nella tabella seguente.

Parti accessibili	Materiale delle parti accessibili	Temperatura massima [°C]
Organi di comando da impugnare	Metallico	55
	Non metallico	65
Parti previste per essere toccate durante il funzionamento ordinario, ma che non necessitano di essere impugate	Metallico	70
	Non metallico	80
Parti che non necessitano di essere toccate durante il funzionamento ordinario	Metallico	80
	Non metallico	90

6.3 Distribuzione elettrica sottopasso stradale

L'impianto di illuminazione in galleria prevede un quadro elettrico di distribuzione e regolazione del flusso luminoso QBT1.

Le caratteristiche elettriche degli impianti d'illuminazione sono essenzialmente:

- Tensioni nominali di alimentazione: 400 V concatenate e 230 V stellate;
- Frequenza nominale di tali tensioni: 50 Hz;
- Distribuzione delle alimentazioni dei circuiti di rinforzo: trifase con neutro;
- Distribuzione delle alimentazioni dei circuiti di permanente/notturno ed emergenza: monofase;
- Tipo di distribuzione: in derivazione;
- Caduta di tensione massima: 4%
- Fattore di potenza: 0,9.

Per quanto riguarda la distribuzione elettrica, il progetto prevede la realizzazione di cavidotti interrati esterni costituiti da tubazione in PVC pesante, diametro 110 mm, doppia parete del tipo corrugato, da posizionarsi su scavi a sezione obbligata realizzati con mezzi meccanici, per la distribuzione dei cavi dal quadro elettrico fino al pozzetto posto all'imbocco del sottopasso.

Al fine di permettere un corretto infilaggio dei cavi elettrici, le tubazioni saranno intercettate da pozzetti in cls prefabbricati con chiusini carrabili in ghisa sferoidale.

All'interno del sottopasso, la distribuzione elettrica sarà del tipo a vista, realizzata su n.2 canale asolate in acciaio inox AISI 304 (dimensioni 100x75 mm), complete di staffe e barre filettate necessarie per il bloccaggio.

Oltre al contenimento dei cavi elettrici, la canalina sarà utilizzata anche come elemento di sostegno dei corpi illuminanti che saranno ancorati alla stessa mediante staffe sagomate idonee allo scopo.

Il collegamento tra la canalizzazione interrata esterna e le due canale inox interne alla galleria, sarà realizzato mediante canala in acciaio inox AISI 304 (dimensioni 100x75 mm) completa di coperchio idoneamente bloccata sul portale di accesso.

Per quanto riguarda i circuiti di alimentazione dei corpi illuminanti di rinforzo, il progetto prevede cavi unipolari in rame non propaganti l'incendio ed a bassissima emissione di gas tossici tipo FG16M16 0.6/1 kV; sono previsti cavi resistenti al fuoco di tipo FTG10M1 per l'alimentazione dei circuiti permanenti.

L'alimentazione dei proiettori dell'illuminazione permanente e notturna avverrà in monofase mentre per l'alimentazione di quelli di rinforzo si userà un'alimentazione trifase.

I calcoli di dimensionamento sono riportati nella specifica relazione di calcolo.

6.4 Distribuzione elettrica all'aperto

Il progetto prevede la realizzazione di impianti elettrici distinti a servizio dell'illuminazione delle varie zone oggetto di questo intervento. In ogni area, l'impianto di illuminazione verrà comandato da un Q.E. di bassa tensione, ubicato all'interno di uno shelter dotato di un impianto antintrusione realizzato con rilevatori volumetrici interni ed esterni e di un sistema combinato di condizionamento di tipo Active cooling + free cooling.

Le caratteristiche elettriche degli impianti d'illuminazione sono essenzialmente:

- Tensioni nominali di alimentazione: 400 V concatenate e 230 V stellate
- Frequenza nominale di tali tensioni: 50 Hz.
- Distribuzione delle alimentazioni: monofase con neutro
- Tipo di distribuzione: in derivazione
- Caduta di tensione massima: 4%
- Fattore di potenza: 0,9

Per quanto riguarda la distribuzione elettrica, il progetto prevede la realizzazione di cavidotti interrati costituiti da tubazione in pvc pesante, diametro 110 mm, doppia parete del tipo corrugato, da posizionarsi su scavi a sezione obbligata realizzati con mezzi meccanici.

Al fine di permettere un corretto infilaggio dei cavi elettrici, le tubazioni saranno intercettate da pozzetti in cls prefabbricati.

Per quanto riguarda l'illuminazione dei due sottopassi pedonali, questa è realizzata mediante lampade fluorescenti, IP65, di potenza 55 W e flusso luminoso 4450 lumen, staffate al soffitto ed alimentate in monofase mediante cavo FTG10M1 sez. 2x4 mmq. La distribuzione dei cavi elettrici è realizzata, all'interno del sottopasso, mediante tubazione in acciaio zincato Ø 32 mm ancorata al soffitto.

6.5 Relazione di calcolo

La relazione di calcolo elettrico è riportata nell'elaborato "Relazione di calcolo elettrico".

7 SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE

7.1 Generalità

Questo capitolo, a completamento degli elaborati grafici riportati, descrive:

- le soluzioni tecniche adottate;
- la tipologia dei materiali utilizzati;
- le lavorazioni da eseguire;
- le norme esecutive per la realizzazione e/o la messa in opera dei materiali.

7.2 Fornitura di sostegni, corpi illuminanti e sistemi di telecontrollo

Considerate le necessità di garantire adeguati livelli di sicurezza sulla rete stradale nazionale e di standardizzare i prodotti utilizzati negli impianti su tutta la rete stradale in gestione di ANAS SpA, semplificando ed abbattendo i costi per la manutenzione, gli apparecchi per l'illuminazione all'aperto ed in galleria come anche le cassette di derivazione in galleria, saranno gestiti da ANAS attraverso l'Accordo Quadro per la "fornitura di sostegni e corpi illuminanti a Led per impianti in galleria e all'aperto e relativi sistemi di telecontrollo sulla rete nazionale" di prossima attivazione e pertanto verranno stralciati dal presente progetto.

Suddetta fornitura di corpi illuminanti troverà il finanziamento nel quadro economico dell'opera in oggetto attraverso una voce di spesa ad hoc, sottratta dai lavori principali ed inserita nelle Somme a Disposizione della Stazione Appaltante con la dicitura "fornitura di sostegni, corpi illuminanti e sistemi di telecontrollo".

7.3 Sostegni

7.3.1 Tipologia

I pali utilizzati per il sostegno dei corpi illuminanti sono di altezza totale pari a 10,80 m ($h_{ft} = 10,00$ m).

I pali sono completi delle seguenti lavorazioni eseguite e certificate dal costruttore:

- asola per l'ingresso dei conduttori di alimentazione posta a circa 300 mm dal piano di interramento.
- asola portamorsettiera (morsettiera in Classe II) completa di portello in alluminio.

I pali sono inseriti nel foro del basamento opportunamente predisposto. Lo spazio tra foro del basamento e palo è riempito, fino a circa 4 cm. dal piano del basamento, con sabbia grossa debitamente bagnata e compressa fino a non lasciare nessun interstizio. La rimanente parte è riempita con malta antiritiro. La posa del palo è completata con collarino in cls con gli spigoli opportunamente smussati per favorire il rapido allontanamento delle acque.

7.3.2 Basamenti

L'ancoraggio dei pali è realizzato attraverso la posa in opera di idonei basamenti di fondazione.

I basamenti di fondazione della dimensione di 106x78x85 cm sono in cls.

Tutti i basamenti sono posti al di fuori della sede stradale.

La parte superiore dei basamenti di fondazione, su terreno naturale, è a giorno, ben levigata e squadrata, salvo diverse disposizioni impartite dalla direzione lavori; per le zone in rilevato, la profilatura della scarpata deve essere concordata con la direzione lavori.

I basamenti sono completi di apposito foro per la collocazione del palo e il raccordo al pozzetto di derivazione.

7.3.3 Posa dei pali

Le quote di infilaggio del palo all'interno del basamento, dei fori porta morsettiera e quant'altro indicato nelle schede tecniche del costruttore devono essere tassativamente rispettate.

Se non diversamente specificato negli elaborati grafici, il palo è orientato in modo tale che l'asse di simmetria longitudinale del corpo illuminante che sostiene sia perpendicolare all'asse della corsia ad esso adiacente.

Sulla sezione trasversale i pali di illuminazione sono posti ad una distanza minima di 3 m dal bordo della carreggiata in modo da ridurre i rischi di abbattimento in caso di svio dei veicoli. Tale distanza elimina anche eventuali interferenze con i guardrail posti a protezione del margine stradale e permette l'accesso al pozzetto di derivazione elettrica posto alla base del palo; l'esatta distanza dalla barriera di protezione deve essere determinata in funzione del livello di larghezza operativa (W) espressa in metri.

Particolare attenzione deve essere posta nel posizionamento del palo sulla sezione trasversale, infatti, corpi illuminanti mal posizionati potrebbero portare a condizioni di illuminazione diverse da quelle calcolate nel progetto illuminotecnico.

Per l'esatto posizionamento planimetrico si faccia riferimento alla apposita tavola grafica allegata.

Le quota di installazione dei corpi illuminanti delle rampe di svincolo, delle intersezioni e delle rotoarie e dei relativi bracci di accesso è pari a 10 m dal piano stradale.

E' cura della direzione lavori verificare che eventuali alberature di qualsiasi tipo non vanifichino l'illuminamento occorrente.

7.4 Apparecchi illuminanti

7.4.1 Tipologia apparecchi

La scelta di utilizzare apparecchi a LED è in linea con l'attuale stato dell'arte che prevede sorgenti luminose ad elevata efficienza nell'ottica di contenere il consumo energetico.

Nella progettazione illuminotecnica si è cercato, per quanto possibile, di:

- non illuminare aree non destinate alla circolazione stradale,
- non superare di molto i limiti minimi imposti dalla norma UNI.

L'impianto è comandato da un quadro elettrico per il quale è previsto:

- un interruttore generale magnetotermico con differenziale a riarmo automatico;
- un sistema di regolazione ad onde convogliate;
- varie linee di alimentazione (dorsali), protette da interruttore magnetotermico, dalla quale si dipartono le linee di "alimentazione della singola armatura stradale" dispiegate in campo e protette singolarmente da un fusibile posto alla base del palo.
- le linee di alimentazione (dorsali) sono sezionate da un contattore, con possibilità di bypass manuale, comandato dal sensore crepuscolare ad infrarosso.
- due linee di riserva per l'illuminazione stradale protette da magnetotermico
- una linea "ausiliari" alla quale è collegata l'alimentazione del sensore crepuscolare ad infrarosso, i dispositivi ad onde convogliate ed eventuali futuri dispositivi di misura e/o controllo protetta da magnetotermico.

Tutti i corpi illuminanti sono dotati di dispositivo per la regolazione del flusso ad onde convogliate.

E' possibile ottenere analoghi risultati illuminotecnici con modelli di armature LED effettuando una nuova verifica illuminotecnica ed eventualmente, in caso di potenze differenti, un nuovo calcolo dell'impianto elettrico.

7.4.2 Montaggio

Tutti i corpi illuminanti sono montati con asse fotometrico principale perpendicolare al piano stradale (tilt = 0°).

Il montaggio del corpo illuminante ed il cablaggio elettrico deve essere seguito in conformità con quanto riportato nella documentazione del costruttore.

7.4.3 Regolazione del flusso luminoso e gestione da remoto di impianti all'aperto e in galleria

Il sistema di regolazione previsto per gli impianti di illuminazione stradale è del tipo ad onde convogliate con telecontrollo.

Il sistema di regolazione è basato sui seguenti componenti principali:

- Interruttore e sensore crepuscolare ad infrarosso per l'accensione dell'impianto.
- Modulo di gestione ad onde convogliate: modulo per il sistema di controllo dei punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde convogliate tra quadro e singoli moduli palo, secondo le prescrizioni della EN 50065-1 (trasmissioni di segnali su rete elettriche a bassa tensione nella gamma di frequenze da 3 a 148,5 KHz).
- Gruppo bobine filtro installate ad inizio linea nel quadro di controllo, che hanno la funzionalità di impedire che il segnale di trasmissione ad onda convogliata possa disperdersi verso la rete di alimentazione.
- Contattori per interrompere l'alimentazione dei circuiti di illuminazione nel periodo diurno (in tal modo si elimina qualsiasi assorbimento da parte dei circuiti di illuminazione).

Il sistema di telegestione è basato sui seguenti componenti:

- Modulo per acquisizione misure quadro e gestione comunicazione remota: questo modulo raccoglie le informazioni memorizzate ed effettua le misure dei parametri elettrici della linea di alimentazione, recepisce dei segnali digitali (tensione, corrente, fattore di potenza, frequenza, potenza, energia oltre allo stato degli interruttori e dei contattori) e trasmette tutte queste informazioni al centro di controllo tramite modem GSM/GPRS.

Il sistema è corredato di apposito SW per il setup e per la regolazione dell'impianto. Le funzionalità messe a disposizione del SW sono:

- Trasferimento di scenografie verso i ricevitori installati su ogni corpo illuminante nel momento in cui avviene il cambio ora solare/ora legale
- Polling continuo delle misure per verificare lo stato lampada (acceso/spento) e lo stato del ricevitore (comunica/non comunica)
- Scenografie per la configurazione e la gestione degli scenari di illuminazione ad orario o ad evento (intervento del crepuscolare)
- Polling raccolta min. consumo per la raccolta delle informazioni relative al livello percentuale di dimmerazione di ogni corpo illuminante
- Polling raccolta misure dei moduli in campo
- Cambio ora solare/ora legale per le impostazioni delle date di cambio ora solare/legale.
- Gestione allarmi per la configurazione delle chiamate da effettuare in caso di allarme
- Lettura/Scrittura da file delle configurazioni
- Comunicazione diretta con i ricevitori per lettura/scrittura configurazione, inizializzazione, livello di dimming
- Test di comunicazione con corpo illuminante

Il sistema di regolazione descritto permette di:

- a) regolare il flusso luminoso degli apparecchi tra 0% e 100%.

- b) regolare il flusso luminoso dell'impianto in funzione delle condizioni ambientali esterne (crepuscolare) e delle condizioni di uso;
- c) compensare l'invecchiamento degli apparecchi e la riduzione prestazionale dovuta alla sporcizia tra una operazione di manutenzione e l'altra;
- d) comandare in modo autonomo e indipendente, attraverso un unico indirizzo, ogni corpo illuminante: con tale sistema non si possono presentare condizioni di avaria degli impianti con un solo regolatore, le condizioni di malfunzionamento locale sono registrate e gestite dal SW di controllo.

La galleria artificiale è prevista per essere dotata di apposito impianto di telecontrollo automatizzato e centralizzato, preposto al controllo del regolare funzionamento degli impianti, nonché alla loro gestione locale, raccogliendo le segnalazioni di stato, le misure provenienti dal campo ed impartendo gli appropriati telecomandi; inoltre, segnalerà le eventuali anomalie, registrandole su un apposito diario, e potrà fornire ausilio nelle operazioni di manutenzione.

In tal modo verrà soddisfatta l'esigenza di garantire la massima sicurezza per l'utente ed avere la possibilità, in tempo reale, di conoscere i parametri relativi agli impianti della galleria.

Il sistema di gestione automatica degli impianti si propone di controllare nello specifico le seguenti componenti impiantistiche:

- Illuminazione:
 - Stazione di rilevamento della luminanza esterna
 - Regolatore per rinforzi agli imbocchi di galleria
 - Funzionamento circuiti illuminazione permanente
 - Segnali di stato ed allarmi protezioni del quadro elettrico per la distribuzione dell'energia elettrica alle utenze di galleria

L'impianto di telesorveglianza controllerà il regolare funzionamento degli impianti raccogliendo le segnalazioni di stato dei circuiti, le misure provenienti dal campo ed impartendo gli appropriati telecomandi; inoltre, segnalerà le eventuali anomalie, registrandole su un apposito diario, e potrà fornire ausilio nelle operazioni di manutenzione.

In tal senso il sistema dovrà espletare automaticamente le seguenti principali funzioni gestionali:

- Acquisizioni dei dati di analisi precedentemente elencati inerenti il funzionamento delle varie apparecchiature, sorvegliando gli andamenti delle grandezze controllate e trasmettendo un allarme quando tali grandezze superano valori predeterminati.
- Trasmissione dei dati correnti e dei dati memorizzati ad un centro di controllo locale (mediante un PC connesso localmente) o remoto, e ricevere dagli stessi particolari categorie di comandi.

Le apparecchiature dovranno essere installate complete di hardware e software per il loro perfetto funzionamento e dovranno includere la possibilità di avere almeno due password rispettivamente una per la visualizzazione e una per il comando delle apparecchiature tramite Computer.

I materiali ed i pacchetti software previsti rispondono alle principali norme europee e mondiali e sono tutti di tipo industriale. Con particolare riferimento alla Norma IEC 1131, riguardante la standardizzazione dei Controllori Logici Programmabili (PLC).

La comunicazione avviene tramite protocolli standard industriale in conformità alla norma CEI EN

60870-5 “Protocolli di trasmissione”.

7.5 Cavidotti

7.5.1 Tipo di posa

In considerazione di criteri di sicurezza, requisiti estetici, requisiti funzionali, la distribuzione è realizzata completamente in cavidotto interrato dedicato ed in conformità con le norme CEI 11-17.

I cavidotti, sono costituiti con i singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari a flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna. Nei principali cambi di direzione sono previsti appositi pozzetti (per l'esatto posizionamento si faccia riferimento agli elaborati grafici allegati).

Le canalizzazioni interrate per il contenimento e la protezione delle linee sono realizzate esclusivamente con: cavidotto flessibile a doppia parete (liscio all'interno, corrugato all'esterno), serie pesante, in polietilene ad alta densità, conforme alla Norma C 68 – 171, corredato di guida tirafilo e manicotto di congiunzione per l'idoneo accoppiamento, avente diametro nominale 110 mm.

All'interno dei pozzetti, l'imbocco delle canalizzazioni è debitamente stuccato con malta cementizia.

La profondità di posa minima dei cavidotti dal piano di calpestio è di norma:

- pari a cm 60 in sede non stradale
- maggiore di cm 100, estradosso tubo, in sede stradale.

E' cura della direzione lavori verificare che i cavidotti siano posizionati ad adeguata distanza da eventuali apparati radicali degli alberi.

7.5.2 Pozzetti

Nei nodi di derivazione, nelle giunzioni e nei cambi di direzione, sono installati pozzetti prefabbricati in calcestruzzo.

Non sono previsti pozzetti di derivazione costruiti sul posto e realizzati con dime.

Per il drenaggio delle acque di possibile infiltrazione, i pozzetti prefabbricati hanno il fondo completamente aperto; sono posati su letto di ghiaia costipata dello spessore minimo di cm 10.

Il controtelaio ed i lati dei pozzetti sono protetti e fissati attraverso uno strato di calcestruzzo dosato a q.li 2,5 di cemento per metro cubo e fissati saldamente.

I pozzetti hanno di norma le seguenti misure interne:

- pozzetto a base palo: 30 x 30 x 60 cm;
- pozzetto rompitratta: 50 x 50 x 60 cm.

Il cavidotto non potrà mai entrare nel pozzetto dal fondo dello stesso, ma solo lateralmente e ben stuccato con malta cementizia.

7.6 Linee di alimentazione

7.6.1 Materiali costruttivi

Le dorsali di alimentazione e le derivazioni alle armature degli impianti di illuminazione all'aperto, previste per la posa interrata ed entro pali metallici, supporti e/o sbracci, sono realizzate con cavi del tipo unipolare, flessibile, non propaganti l'incendio, isolati in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica speciale di qualità M16, tipo FG16M16 - 0.6/1 kV, rispondente alle norme CEI e conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11).

7.6.2 Sezioni e distribuzione delle linee di alimentazione:

Per le dorsali di alimentazione è stata prevista una sezione maggiore o uguale a 16 mm².

Per le linee di alimentazione delle armature stradali si è imposta una sezione minima di 2,5 mm². La formazione dei cavi e la sezione dei cavi, per le varie linee di alimentazione che costituiscono le dorsali, è riportata negli elaborati planimetrici e negli schemi elettrici allegati.

7.6.3 Sfilabilità dei cavi

E' previsto che il diametro interno dei tubi protettivi sia pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che essi sono destinati a contenere, con un minimo di 10 mm.

7.6.4 Collegamento delle fasi ai punti luce

Per tutti gli impianti è prevista una distribuzione trifase. I punti luce sono collegati alternativamente, in modo ciclico, sulle tre fasi.

7.6.5 Giunzioni

Le giunzioni delle linee dorsali, quando necessarie, sono realizzate esclusivamente in pozzetto e sono costruite in maniera perfetta per il ripristino del doppio grado di isolamento dei conduttori. La giunzione è realizzata con morsetto a pressione tipo C crimpato con pinza oleodinamica provvista delle matrici adeguate alle sezioni del cavo, rivestita con nastro isolante in PVC con almeno due passate, successivamente con almeno 3-4 passate di nastro autoagglomerante e come finitura nuovamente con due passate di nastro in PVC. A completamento la giunzione è ricoperta con resina epossidica. A lavoro finito la giunzione deve risultare meccanicamente salda, non deve essere evidente la forma del morsetto utilizzato per la connessione, con i cavi ben distanziati tra di loro e mai affiancati.

In ogni caso le giunte devono essere rispondenti alle norme vigenti e risultare in classe di isolamento II.

7.6.6 Identificazione dei circuiti e delle fasi:

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, contestualmente alla posa delle linee, è previsto che ogni conduttore venga opportunamente etichettato con l'indicazione del circuito e della fase di appartenenza per mezzo di fascette in nylon. L'indicazione è prevista all'interno dei

pozzetti di giunzione, sulle derivazioni del palo e sul quadro elettrico in prossimità dell'interruttore corrispondente.

7.6.7 Derivazioni verso le armature stradali

La derivazione dalla linea dorsale verso le armature stradali è realizzata nella morsettiera posta all'interno della cassetta di derivazione montata sul palo.

Sono previste cassette di derivazione in vetroresina, con grado di protezione IP 44 secondo CEI EN 60529 e IK 10 secondo CEI EN 50102, idonee per la realizzazione di impianti in classe II, dotate di morsettiera quadripolare con tensione di isolamento 450 V - corrente 80 A max, portafusibile per fusibile a cartuccia mm 10x38.

I fusibili da utilizzare sono 1 A per armature con potenza sino a 170W e fusibili da 2 A per armature con potenze superiori.

7.7 Impianto di terra

Gli impianti sono realizzati in classe II e pertanto non occorre prevedere la messa a terra sia degli apparecchi illuminanti che dei pali.

7.8 Quadri elettrici

7.8.1 Caratteristiche

I quadri elettrici sono costruiti da componenti conformi alla norma CEI 17-13/1 e alla norma Europea EN 60439-1.

L'apparecchiatura è fornita con i dati di identificazione, i dati di targa e le istruzioni per l'installazione previsti dalle norme, nonché con lo schema elettrico.