

**A90 Svincolo Tiburtina:
Intervento di potenziamento dallo svincolo
"Centrale del Latte" allo svincolo A24
2ª fase funzionale**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM105

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)
CREW Cremonesi Workshop S.r.l - TECNOSISTEM S.p.A
ART Risorse Ambiente Territorio S.r.l - ECOPLAME S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:

Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)

MANDANTI:



Direttore Tecnico:
Dott. Arch. Claudio TURRINI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Andrea AVETA

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Ivo FRESIA



Direttore Tecnico:
Dott. Arch. Pasquale PISANO

PROTOCOLLO

DATA

_____ 201_

IMPIANTI TECNOLOGICI

Relazione tecnica impiantistica

CODICE PROGETTO

D	P	R	M	1	0	5	D	2	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

NOME FILE

T00 IM00 IMP RE01 A

REVISIONE

SCALA:

CODICE

T	0	0	I	M	0	0	I	M	P	R	E	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

A

FI AR.

-

A

Prima emissione in bozza

Giugno 2021

A.Sorrentino

F.Buiano

A. Aveta

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA	1
2	RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI	1
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
4	ANALISI DEI RISCHI	4
4.1	REQUISITI E CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA	4
4.2	INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA	5
4.3	REQUISITI PRESTAZIONALI DELLE ZONE STUDIO.....	8
4.4	SCELTE PROGETTUALI	10
4.4.1	Conformità alla legge Regionale per il contenimento dell'inquinamento luminoso	11
4.4.2	Gestione del flusso luminoso e controllo / diagnostica punto – punto.....	11
5	PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO	13
5.1	ANALISI DEI CARICHI DI Q1	13
5.1.1	DATI DI PROGETTO.....	13
5.2	ANALISI DEI CARICHI DI Q2.....	14
5.2.1	DATI DI PROGETTO.....	14
5.3	ANALISI DEI CARICHI DI Q3.....	15
5.3.1	DATI DI PROGETTO.....	15
5.4	ANALISI DEI CARICHI DI Q4.....	16
5.4.1	DATI DI PROGETTO.....	16
5.5	SCELTE PROGETTUALI	17
5.5.1	Suddivisione dell'impianto	17
5.5.2	Sezione dei conduttori	17
5.5.3	Portata dei cavi	17
5.5.4	Caduta di tensione ammissibile	17
5.5.5	Sezioni minime dei conduttori	18

5.6	TIPI DI CONDUTTURE E RELATIVI MODI DI POSA	18
5.6.1	Scelta del tipo di conduttura e di posa.....	18
5.6.2	Cavi	18
5.6.3	Dispositivi di protezione	18
5.6.4	Indipendenza dell’impianto elettrico	19
5.6.5	Accessibilità dei componenti elettrici.....	19
5.6.6	Scelta dei componenti elettrici	19
5.6.7	Protezione contro i contatti indiretti	19
5.6.8	Protezione contro i contatti diretti	20
5.6.9	Protezione contro i sovraccarichi	20
5.6.10	Protezione contro i corto circuiti.....	20
5.6.11	Protezione contro le ustioni	21
5.7	QUADRI ELETTRICI	21
5.8	DISTRIBUZIONE ELETTRICA IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
5.8.1	Derivazione.....	22

1 PREMESSA

Nel documento sono illustrate le scelte progettuali adottate per il dimensionamento dell'impianto di illuminazione previsto all'interno del progetto "A90 Svincolo Tiburtina: intervento di potenziamento dallo svincolo 'Centrale del latte' allo svincolo A24 – 2° fase funzionale".

2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti normativi e legislativi applicabili alla progettazione oggetto della presente relazione.

Le principali norme applicabili sono:

- UNI 11248:2016 Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI EN 13201-2:2016 Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201-3: 2016 Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201-4: 2016 Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche.
- CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic
- 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 11-25:2016 Calcolo delle correnti di corto circuiti nelle reti trifasi a corrente alternata.
- CEI 11-26:2016 Correnti di cortocircuito - Calcolo degli effetti Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo
- 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 e identificazione - Identificazione dei morsetti degli apparecchi, delle estremità dei conduttori e dei conduttori
- CEI 16-7 Elementi per identificare i morsetti e la terminazione dei cavi.
- CEI 17-113 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali
- CEI 17-114 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Quadri di potenza
- CEI 17-43 Modalità di verifica tramite calcolo della sovratemperatura per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)
- CEI 17-87 Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione - Prescrizioni generali

- CEI 20-13, 20-14, 20-20, 20-22, 20-37, 20-45, 20-65, 20-107/2/22 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 1500V in corrente continua";
- CEI 64-12:2019 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 81-10/1 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 121-5 Guida alla normativa applicabile ai quadri elettrici di bassa tensione e riferimenti legislativi
- 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
- 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 17 gennaio 2018 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- DPR 495/92 e s.m.i. "Regolamento di esecuzione e attuazione 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”.
- Legge Regionale 13 aprile 2000, n. 23 "Norme per la riduzione e per la prevenzione dell'inquinamento luminoso - Modificazioni alla legge regionale 6 agosto 1999, n. 14".

Le direttive applicabili sono:

- 2014/35/UE Direttiva Bassa Tensione.
- 2013/35/UE Direttiva compatibilità elettromagnetica

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto di illuminazione in oggetto, descritto nella premessa del documento, è stato suddiviso in quattro zone, ciascuna alimentata da una indipendente fornitura elettrica e gestita da un proprio quadro elettrico:

1. Q1: Ubicato in Zona Interna GRA, lato Nord del tracciato.
2. Q2: Ubicato in Zona Interna GRA, lato Sud del tracciato.
3. Q3: Ubicato in Zona Esterna GRA, lato Nord del tracciato.
4. Q4: Ubicato in Zona Esterna GRA, lato Sud del tracciato.

Nello specifico l'intervento consiste nella realizzazione ex-novo dell'impianto elettrico e di illuminazione e comprende le relative opere di scavo con fornitura e posa dei cavidotti, dei plinti e pozzetti, dei cavi di alimentazione, dei pali di illuminazione, dei quadri di misura del distributore locale oltre ai quadri di controllo e comando dotati di regolatore di tensione. L'impianto di illuminazione prevede palificazioni in acciaio zincato di altezza congrua a ciascuna sezione del tracciato. Gli apparecchi illuminanti stradali sono a tecnologia LED di potenza necessaria alla corretta illuminazione del tracciato.

I dettagli, le metodologie di progettazione e di calcolo sono riportati nei paragrafi successivi di questo documento, nelle specifiche tecniche (DOC. T00IM00IMPSC01A) e nella relazione di calcolo illuminotecnico (DOC. T00IM00IMPRE03A).

4 ANALISI DEI RISCHI

La UNI 11248:2016 fornisce la procedura per la selezione della categoria illuminotecnica dell’infrastruttura stradale, identificando gli aspetti che condizionano l’illuminazione stradale.

La norma, dunque, indica come classificare una zona esterna destinata al traffico ai fini della determinazione della categoria illuminotecnica in ingresso necessaria all’analisi dei rischi. Le condizioni di illuminazione vengono poi identificate e definite nella UNI EN 13201-2.

Nota la classe della strada nella zona di studio, la geometria, le condizioni e la tipologia di traffico viene identificata una categoria illuminotecnica.

4.1 REQUISITI E CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA

La norma si basa, nei suoi principi fondamentali, sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115 e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1:2014. A tal fine introduce il concetto di parametro di influenza e la richiesta di valutazione dei rischi da parte del progettista.

La norma UNI11248 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.

La norma si applica agli impianti di illuminazione fissi, progettati per offrire all’utente delle zone pubbliche, adibite alla circolazione, buone condizioni di visibilità durante i periodi di oscurità, con l’intento di garantire sia la sicurezza ed il buon smaltimento del traffico sia la sicurezza pubblica, per quanto questi parametri possano dipendere dalle condizioni di illuminazione della strada. Per facilitare l’applicazione delle categorie illuminotecniche, viene suggerita una corrispondenza tra varie serie di categorie comparabili o alternative.

Le caratteristiche fotometriche di un impianto di illuminazione stradale sono definite mediante una o più categorie illuminotecniche, che dipendono da numerosi parametri, detti di influenza, come esplicitato nel seguito.

Per un dato impianto si possono individuare le seguenti categorie illuminotecniche:

- la categoria illuminotecnica di riferimento, che dipende esclusivamente dal tipo di strada presente nella zona di studio considerata;
- la categoria illuminotecnica di progetto, che dipende dall’applicazione dei parametri di influenza e specifica i requisiti illuminotecnici da considerare nel progetto dell’impianto;
- la categoria illuminotecnica di esercizio che specifica 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.

I requisiti illuminotecnici prescritti per ogni categoria dal prospetto precedentemente riportato sono validi con flusso orario di traffico riferito al valore massimo previsto per quella classe di strada (100%).

4.2 INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA

Per l'individuazione della categoria illuminotecnica dell'impianto si è identificato il tipo di strada e, con l'ausilio del prospetto 1 della norma UNI 11248:2016, la categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi, ovvero la categoria di esercizio avendo individuato gli elementi caratteristici della strada analizzata.

La categoria illuminotecnica non può essere utilizzata direttamente ma deve essere sottoposta all'analisi dei rischi. L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza al fine di individuare la categoria illuminotecnica che garantisce la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne minimizzando i consumi, i costi, l'inquinamento e la manutenzione.

In particolare, secondo le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” D.M.5.11.2001, la sezione tipo della A90 prevista è di tipo **A1** Autostrada Extraurbana.

La categoria illuminotecnica in ingresso individuata è la **M1**. Alla zona di studio è possibile applicare, in accordo con quanto definito negli step progettuali precedenti, il parametro di influenza denominato “Complessità del campo visivo normale” che determina, secondo il prospetto 2 della norma UNI 11248/2016, la riduzione di una categoria illuminotecnica da **M1** a **M2**.

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	
<p>1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792^[10].</p> <p>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).</p> <p>3) Vedere punto 6.3.</p> <p>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".</p>			

Tabella 1 - Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per la progettazione dell'impianto.

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del compito 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
<p>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</p> <p>2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità</p> <p>3) Riferimenti in CIE 137</p>	

Tabella 2 - Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo.

L'individuazione della categoria illuminotecnica **M** della strada consentirà di individuare la categoria illuminotecnica **C** delle “zone di conflitto”, che, nella situazione in analisi, si determinano in corrispondenza degli svincoli.

In particolare, si è fatto riferimento all'appendice A della UNI 11248:2016 al punto A.2.1.3, che riferendosi al prospetto 6 della stessa norma indica che la categoria in ingresso deve essere di un livello superiore rispetto alla maggiore tra quelle previste per i rami di approccio.

Alla categoria illuminotecnica della strada M2 si associa la categoria illuminotecnica degli svincoli C1. Per i tratti all'aperto si può applicare la riduzione di una categoria illuminotecnica quando lo scenario di traffico risulta inferiore al 50% del traffico di progetto.

Zona di studio	Svincolo	Riferimenti normativi
Descrizione tipo strada di accesso	Autotrada extraurbana (tipo A1)	UNI 11248:2016 – 7.1
Tipo strada di accesso	A1	UNI 11248:2016 – 7.1
Categoria illuminotecnica strade di accesso	M2	UNI 11248:2016 – 7.2
Strada di accesso illuminate	SI	UNI 11248:2016 – A.2.1.3
Categoria illuminotecnica di ingresso	C1	UNI 11248:2016 – A.2.1.3
Scenario traffico <=50%		
Parametro di influenza	Riduzione categoria	UNI 11248:2016 – 8.4
Flusso di traffico <50% rispetto alla portata di accesso	1	UNI 11248:2016 – 8.4
Categoria di esercizio	C2	UNI 11248:2016 – 7

Tabella 3 – Categorie illuminotecniche degli svincoli.

4.3 REQUISITI PRESTAZIONALI DELLE ZONE STUDIO

Sulla base delle categorie illuminotecniche di progetto individuate per le strade, i requisiti prestazionali richiesti, per le varie zone e nei vari scenari, sono quelli riepilogati nelle tabelle seguenti:

prospetto 1 **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]	$U_1^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$R_{E1}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale (U_1) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna f_{T1} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

Tabella 4 – Categorie illuminotecniche delle strade.

Per gli svincoli, i requisiti prestazionali richiesti, per le varie zone e nei vari scenari, sono quelli riepilogati nelle tabelle seguenti:

prospetto 2 **Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale**

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

Tabella 5 – Parametri prestazionali

Per gli impianti di illuminazione delle categorie C la limitazione dell'abbagliamento debilitante può essere dimostrata valutando i valori di f_{TI} per tutte le combinazioni pertinenti questi valori non dovrebbero eccedere i valori massimi specificati nei prospetti successivi:

prospetto C.1 Valori massimi di f_{TI} per le categorie C

Categoria	f_{TI} [massimo] %
C0	15
C1	15
C2	15
C3	20
C4	20
C5	20

Tabella 6 – Prospetto C.1 UNI 13201

Oppure ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie G*1, G*2, G*3, G*4, G*5 e G*6. Le categorie G*4, G*5 e G*6, sono generalmente appropriate

prospetto A.1 Categorie di intensità luminosa

Categoria	Intensità luminosa ^{a)} massima in direzioni al di sotto della linea orizzontale in cd/klm del flusso di emissione dell'apparecchio di illuminazione			Altri requisiti
	a 70° e oltre ^{b)}	a 80° e oltre ^{b)}	a 90° e oltre ^{b)}	
G*1		200	50	Nessuno
G*2		150	30	Nessuno
G*3		100	20	Nessuno
G*4	500	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° ^{b)} pari a zero ^{c)}
G*5	350	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° ^{b)} pari a zero ^{c)}
G*6	350	100	0 ^{c)}	Intensità luminose per angoli maggiori di 90° ^{b)} pari a zero ^{c)}

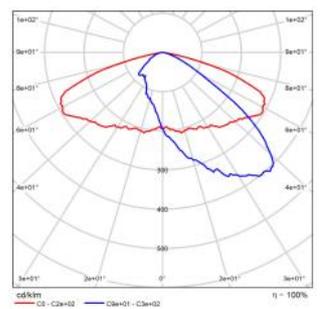
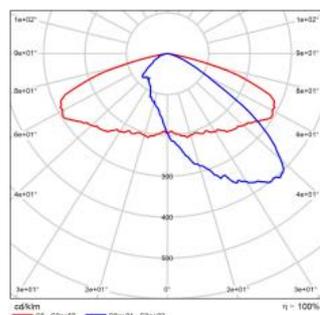
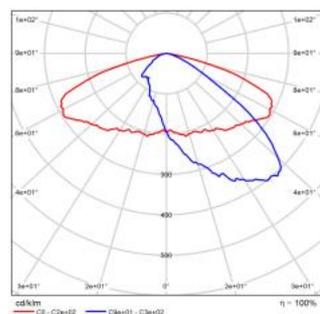
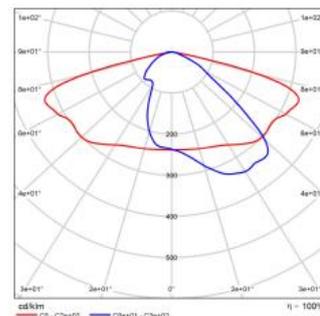
a) Le intensità luminose sono indicate per qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso.
b) Qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso.
c) Le intensità luminose fino a 1 cd/klm possono essere considerate pari a zero.

Tabella 7 – Prospetto A.1 UNI 13201

4.4 SCELTE PROGETTUALI

Gli apparecchi utilizzati saranno del tipo a LED, con caratteristiche di seguito riassunte; per l'ubicazione e il tipo di installazione si rimanda alla planimetria (TAV. T00IM00IMPPL01A/02A/03A/04A/05A/06A) e alle sezioni tipologiche impianti (TAV. T00IM00IMPST01A).

- Armatura stradale a LED da 124W con corpo in alluminio pressofuso, ottica in PMMA ad alto rendimento resistente alle alte temperature e ai raggi UV, diffusore in vetro trasparente sp. 4mm temperato - g.d.p. IP66, mantenimento del flusso luminoso al 90%: 100.000 h (L90B10). Classe II/ CRI ≥ 70 - neutral white 4000°K - Flusso apparecchio 17742 lm - Flusso totale disperso verso l'alto [lm]: 0. Drive programmabile per settaggio flusso luminoso con sistema ad onde convogliate.
- Armatura stradale a LED da 125W con corpo in alluminio pressofuso, ottica in PMMA ad alto rendimento resistente alle alte temperature e ai raggi UV, diffusore in vetro trasparente sp. 4mm temperato - g.d.p. IP66, mantenimento del flusso luminoso al 90%: 100.000 h (L90B10). Classe II/ CRI ≥ 70 - neutral white 4000°K - Flusso apparecchio 17911 lm - Flusso totale disperso verso l'alto [lm]: 0. Drive programmabile per settaggio flusso luminoso con sistema ad onde convogliate.
- Armatura stradale a LED da 170W con corpo in alluminio pressofuso, ottica in PMMA ad alto rendimento resistente alle alte temperature e ai raggi UV, diffusore in vetro trasparente sp. 4mm temperato - g.d.p. IP66, mantenimento del flusso luminoso al 90%: 100.000 h (L90B10). Classe II/ CRI ≥ 70 - neutral white 4000°K - Flusso apparecchio 23550 lm - Flusso totale disperso verso l'alto [lm]: 0. Drive programmabile per settaggio flusso luminoso con sistema ad onde convogliate.
- Armatura stradale a LED da 203W con corpo in alluminio pressofuso, ottica in PMMA ad alto rendimento resistente alle alte temperature e ai raggi UV, diffusore in vetro trasparente sp. 4mm temperato - g.d.p. IP66, mantenimento del flusso luminoso al 90%: 100.000 h (L90B10). Classe II/ CRI ≥ 70 - neutral white 4000°K - Flusso apparecchio 28455 lm - Flusso totale disperso verso l'alto [lm]: 0. Drive programmabile per settaggio flusso luminoso con sistema ad onde convogliate.



L'impianto di illuminazione è munito di sistema di controllo e diagnostica "punto-punto" con regolazione del flusso luminoso centralizzato con dimmerizzazione dei corpi illuminanti mediante controllo ad onde convogliate dei singoli punti luce.

4.4.1 Conformità alla legge Regionale per il contenimento dell'inquinamento luminoso

L'impianto è stato progettato nel rispetto delle norme sulla riduzione e prevenzione dell'inquinamento luminoso vigenti nella regione Lazio e in particolare:

- Legge Regionale 13 aprile 2000, n. 23 "Norme per la riduzione e per la prevenzione dell'inquinamento luminoso - Modificazioni alla legge regionale 6 agosto 1999, n. 14".
- Regolamento di Attuazione della L.R. 23/2000 del Lazio pubblicato il 30 Aprile sul BURL ed entrato in vigore il 1° maggio 2000.

All'art. 2 del suddetto regolamento di attuazione è richiesto: "... per gli impianti di tipo stradale con impiego di armature stradali o di altro genere: emissione massima 5 cd/klm a 90° e 0 cd/klm a 95° e oltre" e "... per gli impianti di qualsiasi altro tipo anche con uso di proiettori e torri-faro: emissione massima 15 cd/klm a 90° se con ottiche simmetriche, 5 cd/klm a 90° se con ottiche asimmetriche e comunque 0 cd/klm a 100° e oltre per entrambi i tipi".

Nello specifico, al fine di escludere qualsiasi problematica di inquinamento luminoso, sono stati adottati apparecchi illuminanti dotati di ottiche del tipo cut-off con intensità luminosa nell'emisfero superiore (cioè con $\gamma \geq 90^\circ$) di 0 (zero) cd/klm ed installazione a tilt nullo. Tali accorgimenti soddisfano non solo quanto richiesto dalla Legge Regionale ma anche la norma UNI 10819.

All'art. 4 è espressamente enunciato il divieto di utilizzare lampade con efficienza luminosa inferiore a 90 lm/W.

4.4.2 Gestione del flusso luminoso e controllo / diagnostica punto – punto

Il sistema proposto permette la gestione dei flussi luminosi e delle reali esigenze illuminotecniche a seconda degli orari o dei requisiti installativi, con un consumo energetico direttamente proporzionale. È possibile tarare la potenza base dell'apparecchio diminuendola secondo l'installazione, stabilendo con un'impostazione software il nuovo valore di targa.

Il sistema di regolazione ad onde convogliate permette, inoltre, di controllare il funzionamento del corpo illuminante mediante l'accesso continuo ai dati di funzionamento e di eseguire nuove impostazioni. Questo consente di avere un monitoraggio completo dello stato delle lampade (accesa/spenta) durante le ore di funzionamento delle stesse con elaborazione di segnali di allarme se le lampade risultano spente su più interrogazioni successive.

In sintesi, le funzionalità principali garantite dal sistema sono le seguenti:

- gestione dell'anagrafica degli impianti (quadri, PL, linee, ecc.);
- misure elettriche sui singoli PL grazie alle quali il sistema monitora il corretto funzionamento degli stessi ed elabora segnali di pre-allarme o allarme se le misure superano le soglie impostate;
- monitoraggio stato lampada (accesa/spenta) durante le ore di funzionamento della stessa con elaborazione di segnali di allarme se la lampada risulta spenta su più interrogazioni successive monitoraggio e comando manuale ed in tempo reale della singola lampada e di gruppi di lampade;
- gestione di due cicli di accensione/spegnimento/riduzione dei singoli PL uno con riferimento all'ora legale ed uno riferito all'ora solare;

- gestione scenografie dei singoli PL o a gruppi di PL che si possono attivare automaticamente ad orario o in seguito al cambio di stato degli ingressi logici al sistema;
- fornitura dei dati utili per una gestione efficace della manutenzione sia preventiva che su guasto;
- controllo, diagnosi e comando dei quadri elettrici di alimentazione e di eventuali altri dispositivi in campo;
- misure elettriche di quadro e la diagnosi dei vari dispositivi del sistema;
- visualizzazione immediata su PC dello stato, degli allarmi e delle misure tramite pagine video;
- inoltra SMS, E-Mail, ecc. ai responsabili di impianto reperibili;
- elabora statistiche e gestisce gli allarmi e la reportistica;
- creazione del piano di manutenzione preventiva e gestione dello storico e dei moduli di intervento.

Tali caratteristiche consentono così non solo di ottenere un evidente risparmio energetico mediante l'adozione del flusso necessario nelle fasce di utilizzo ma anche di massimizzare la vita utile dell'impianto. Inoltre, tramite l'uso di tale dispositivo si ottiene un'ottimizzazione della manutenzione e una maggior sicurezza stradale derivante dal controllo basato sulla comunicazione in tempo reale dello stato dei singoli corpi illuminanti.

L'integrazione nel sistema di regolazione dell'opzione “orologio astronomico” permetterà altresì di calcolare a partire dai dati di latitudine e longitudine dell'installazione, fuso orario e percentuale di “crepuscolo civile”, l'ora di accensione e spegnimento.

L'ottimale utilizzo della luce diurna e la tempestiva accensione degli impianti rappresentano infatti una fonte di risparmio spesso trascurata. Si definisce “crepuscolo civile” l'intervallo di tempo in cui il sole si trova tra 6° sotto l'orizzonte e la linea stessa dell'orizzonte. In questo intervallo va posizionata l'accensione dell'impianto. La “durata del crepuscolo civile” in un determinato luogo dipende principalmente dalla latitudine, dalla longitudine e dal giorno dell'anno, come del resto il sorgere e il tramontare del sole. La determinazione del momento in cui posizionare l'accensione e lo spegnimento degli impianti è influenzata dalla morfologia del territorio (pianeggiante, collinare o montuoso) e dai bisogni dell'utenza.

È perciò una scelta del gestore “sfruttare” al 100% tutto il crepuscolo posizionando l'accensione degli impianti alla fine del crepuscolo civile, oppure scegliere una percentuale all'interno dello stesso.

È inoltre possibile una correzione che permette di aggiungere o sottrarre un tempo fisso al valore calcolato dal software. Tale correzione è impostabile in modo indipendente per le 4 stagioni dell'anno. In caso di installazioni multiple, la sincronizzazione degli orologi garantirà l'accensione simultanea degli impianti.

5 PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO

Come anticipato nel capitolo 3, l'impianto d'illuminazione è stato suddiviso in quattro zone. Di seguito si descrivono i quattro impianti con i relativi carichi.

5.1 ANALISI DEI CARICHI DI Q1

Descrizione	Q.tà	Potenza unitaria [W]	Potenza totale [kW]
Proiettore su palo (125W)	48	125	6
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,6	0,6
Proiettore su palo (170W)	34	170	5,78
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,6	0,6
Proiettore su palo (203)	12	203	2,44
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,3	0,3
Totale			15,7
Ku (coefficiente di utilizzazione)			1
Kc (coefficiente di contemporaneità)			1
Potenza totale assorbita			15,7

Tabella 8 – Analisi dei carichi di Q1.

5.1.1 DATI DI PROGETTO

L'energia all'impianto di illuminazione Q1 (Ubicato in Zona Interna GRA, lato Nord del tracciato) verrà fornita in prossimità della posizione dello stesso con le seguenti caratteristiche:

- Tipo di fornitura: **bassa tensione**
- Distribuzione: **3F+N**
- Tensione: **400 V**
- Frequenza: **50 Hz**
- Icc punto di prelievo: **10kA**
- Cosfi di corto circuito: **0,5**
- Potenza contrattuale: **25kW**
- Sistema di neutro: **TT**

5.2 ANALISI DEI CARICHI DI Q2

Descrizione	Q.tà	Potenza unitaria [W]	Potenza totale [kW]
Proiettore su palo (125W)	61	125	7,6
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,8	0,8
Proiettore su palo (170W)	38	170	6,5
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,7	0,7
Totale			15,6
Ku (coefficiente di utilizzazione)			1
Kc (coefficiente di contemporaneità)			1
Potenza totale assorbita			15,6

Tabella 9 – Analisi dei carichi di Q2.

5.2.1 DATI DI PROGETTO

L'energia all'impianto di illuminazione Q2 (Ubicato in Zona Interna GRA, lato Sud del tracciato) verrà fornita in prossimità della posizione dello stesso con le seguenti caratteristiche:

- Tipo di fornitura: bassa tensione
- Distribuzione: 3F+N
- Tensione: 400 V
- Frequenza: 50 Hz
- Icc punto di prelievo: 10kA
- Cosfi di corto circuito: 0,5
- Potenza contrattuale: 25kW
- Sistema di neutro: TT

5.3 ANALISI DEI CARICHI DI Q3

Descrizione	Q.tà	Potenza unitaria [W]	Potenza totale [kW]
Proiettore su palo (125W)	37	125	4,6
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,5	0,5
Proiettore su palo (170W)	47	170	8
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,8	0,8
Proiettore su palo (203)	27	203	5,5
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,6	0,6
Totale			20
Ku (coefficiente di utilizzazione)			1
Kc (coefficiente di contemporaneità)			1
Potenza totale assorbita			20

Tabella 10 – Analisi dei carichi di Q3.

5.3.1 DATI DI PROGETTO

L'energia all'impianto di illuminazione Q3 (Ubicato in Zona Esterna GRA, lato Nord del tracciato) verrà fornita in prossimità della posizione dello stesso con le seguenti caratteristiche:

- Tipo di fornitura: bassa tensione
- Distribuzione: 3F+N
- Tensione: 400 V
- Frequenza: 50 Hz
- Icc punto di prelievo: 10kA
- Cosfi di corto circuito: 0,5
- Potenza contrattuale: 25kW
- Sistema di neutro: TT

5.4 ANALISI DEI CARICHI DI Q4

Descrizione	Q.tà	Potenza unitaria [W]	Potenza totale [kW]
Proiettore su palo (125W)	20	125	2,5
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,3	0,3
Proiettore su palo (170W)	44	170	7,5
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,8	0,8
Proiettore su palo (203)	33	203	6,7
Incremento per Alimentatore e perdite (10%)	1	0,7	0,7
Totale			18,5
Ku (coefficiente di utilizzazione)			1
Kc (coefficiente di contemporaneità)			1
Potenza totale assorbita			18,5

Tabella 11 – Analisi dei carichi di Q4.

5.4.1 DATI DI PROGETTO

L'energia all'impianto di illuminazione Q4 (Ubicato in Zona Esterna GRA, lato Sud del tracciato) verrà fornita in prossimità della posizione dello stesso con le seguenti caratteristiche:

- Tipo di fornitura: **bassa tensione**
- Distribuzione: **3F+N**
- Tensione: **400 V**
- Frequenza: **50 Hz**
- Icc punto di prelievo: **10kA**
- Cosfi di corto circuito: **0,5**
- Potenza contrattuale: **25kW**
- Sistema di neutro: **TT**

5.5 SCELTE PROGETTUALI

5.5.1 Suddivisione dell'impianto

Il numero e 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

5.5.2 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

5.5.3 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: $I_B \leq I_z$

5.5.4 Caduta di tensione ammissibile

La caduta di tensione è limitata entro il 4%.

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

5.5.5 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;
- 10 mm² per conduttori nudi in Cu di circuiti di potenza;
- Il conduttore di neutro ha la stessa sezione dei conduttori di fase.

Per i cavi in alluminio, sarà adottata la sezione minima di 10 mm², in quanto è quella minima commercialmente reperibile senza necessità di ordinativi specifici.

5.6 TIPI DI CONDUTTURE E RELATIVI MODI DI POSA

5.6.1 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.
- dalla necessità di salvaguardare il servizio pubblico, sia nell'investimento economico che nella continuità di servizio, mediante l'utilizzo di cavi elettrici in alluminio non soggetti a rubeerie.

5.6.2 Cavi

I cavi per l'illuminazione esterna saranno unipolari del tipo ARG16R16 0,6/1kV con conduttore in alluminio, isolante in EPR e guaina in PVC. Le sezioni si evincono dagli schemi elettrici unifilari della TAV.T00IM00IMPDC02A.

5.6.3 Dispositivi di protezione

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

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

- protezione dai contatti indiretti.

5.6.4 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.

5.6.5 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

5.6.6 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.

5.6.7 Protezione contro i contatti indiretti

Protezione contro i contatti indiretti (Norme CEI 64.8 Sez. 714.412); per quanto riguarda la protezione da contatti indiretti per impianti di illuminazione all'esterno:

La protezione mediante luoghi non conduttori e la protezione mediante collegamento equipotenziale locale non connesso a terra non devono essere utilizzate.

Non è necessario collegare all'impianto di terra dell'impianto di illuminazione le strutture metalliche (quali recinti, griglie, ecc.), che sono situate in prossimità ma non fanno parte dell'impianto di illuminazione esterno.

Per la protezione dai contatti indiretti si è proceduto al coordinamento dei dispositivi di interruzione automatica con l'impianto di terra. Tale procedura sarà adottata per l'impianto di illuminazione a pali realizzando un idoneo impianto di terra costituito da:

- Un dispersore orizzontale realizzato con una corda di rame nuda da 35 mmq interrata a 0.5 m nel terreno e che si sviluppa sullo stesso percorso dei cavidotti utilizzati per la distribuzione dell'energia.
- Dispersori verticali costituiti da picchetti a croce in acciaio zincato di lunghezza 2m, installati in corrispondenza di ogni pozzetto di derivazione al corpo illuminante.

Detto impianto disperdente di terra sarà collegato alla sbarra generale dei quadri di distribuzione previsti, ottenendo una resistenza di terra unica di tutto l'impianto che sarà poi a sua volta coordinata con il valore d'intervento della corrente del differenziale preposto all'interruzione automatica del circuito, al fine di soddisfare la relazione indicata dalla Norma CEI 64.8 art. 413.1.4.2

$$RE \times I_{dn} \leq 50$$

dove:

RE = valore della resistenza globale dell'impianto di terra (ohm)

I_{dn} = valore della corrente d'intervento dell'interruttore differenziale (A)

50 = valore della tensione di contatto limite (V)

Nell'ipotesi cautelativa di valore di resistenza di terra pari ad 1 Ω, tenedo conto che la corrente differenziale degli interruttori di protezione è pari a 0.3A, risulta:

$$1 \Omega * 0.3 A = 0.3 V < 50 V$$

5.6.8 Protezione contro i contatti diretti

Nei confronti dei contatti diretti si farà riferimento alla regola generale (CEI 64-8 sez. 412) in base alla quale tutte le parti attive dovranno essere isolate o protette con involucri o barriere. Le lampade degli apparecchi di illuminazione non dovranno essere accessibili se non dopo aver rimosso un involucro o una barriera per mezzo di un attrezzo. Sportelli, posti a meno di 2,5m dal suolo, anche se apribile con chiave o attrezzo se danno accesso a parti attive dovranno essere inaccessibili al dito di prova (IPXXB), oppure devono essere protette da un ulteriore schermo, con uguale grado di protezione, a meno che lo sportello si trovi in un ambiente accessibile solo a persone autorizzate.

5.6.9 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:

$$I_b < I_n < I_z \text{ e } I_f < 1,45 * I_z$$

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.

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

La verifica della protezione dai cortocircuiti è stata effettuata sulla base della relazione di cui al cap. 434.3.2 delle Norme CEI 64-8 che stabilisce il rapporto tra le caratteristiche della conduttura e l'integrale di Joule per la durata del cortocircuito.

Tale relazione stabilisce:

$$I^2 t \leq k^2 S^2$$

Dove:

- $I^2 t$: integrale di Joule lasciato passare dall'organo di protezione della conduttura,
- S: sezione del cavo;
- k: coefficiente che tiene conto del tipo di cavo; (143 per cavi isolati in EPR/XLPE)

5.6.11 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 impugnature	Metallico	70
	Non metallico	80
Parti che non necessitano di essere toccate durante il funzionamento ordinario	Metallico	80
	Non metallico	90

Tabella 12 – Massime temperature ammesse in relazione alle parti accessibili

5.7 QUADRI ELETTRICI

I quattro quadri elettrici a servizio dell'impianto di illuminazione in oggetto saranno realizzati in vetroresina con due vani apparecchiature separati da setto intermedio e zoccolo inferiore integrato in unica struttura di sostegno e con le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale di isolamento U_i 690V
- telaio di ancoraggio per installazione su basamento in calcestruzzo.
- Porte incernierate complete di chiusura azionabile con maniglia a scomparsa e serratura di sicurezza
- Lato di apertura ante modificabile in opera, anche su singolo vano
- Disposizione dei vani (superiore/intermedio) modificabile in opera secondo le necessità di installazione apparecchiature e accessori interni
- Piastre di fondo e accessori per cablaggio apparecchiature
- Pareti di fondo munite di borchie predisposte per inserimento inserti filettati con prigioniero per fissaggio accessori M6x20.
- Setto di chiusura inferiore con passacavi conici e guarnizione di tenuta.
- Maniglia in resina termoplastica.
- Cerniere esterne non accessibili in acciaio inox.
- Certificazione IMQ secondo norma CEI EN 62208.
- Grado di protezione IP55 secondo CEI EN 60529, IK10 secondo CEI EN 62262.
- Predisposti per esecuzione di apparecchiature in classe II secondo CEI 64-8/4.

All'interno di ciascun quadro saranno installati le apparecchiature di protezione contro il sovraccarico ed il cortocircuito come da schemi elettrici unifilari (TAV. T00IM00IMPDC02A) nonché la centralina di regolazione ad onde convogliate per permettere di controllare il funzionamento del singolo corpo illuminante

5.8 DISTRIBUZIONE ELETTRICA IMPIANTO ILLUMINAZIONE

La distribuzione elettrica dell'impianto di illuminazione in oggetto prevede la realizzazione di cavidotti interrati a doppia parete, lisci internamente e corrugati esternamente, tipo 450 di diametro 110mm, 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 con chiusini carrabili. Il raggio di curvatura dei cavi non dovrà essere inferiore a quello minimo indicato dalle norme di prodotto dei cavi stessi.

Le linee di alimentazione saranno realizzate con cavi unipolari del tipo ARG16R16 0,6/1kV con conduttore in alluminio, isolante in EPR e guaina in PVC. Le sezioni si evincono dagli schemi elettrici unifilari della TAV.T00IM00IMPDC02A.

Per la distribuzione planimetrica fare riferimento alle tavole T00IM00IMPPL01A/02A/03A/04A/05A/06A.

5.8.1 Derivazione

Per la derivazione dei pali stradali è stato previsto un sistema “entra-esci” da realizzare nell'apposita morsettiera monofase collocata nell'asola del palo di illuminazione. La morsettiera è prevista di dispositivo porta fusibile con un fusibile per la protezione del circuito terminale al fine di fornire una protezione aggiuntiva in caso di cortocircuito. La morsettiera garantisce il dispositivo di giunzione per il cavo principale del circuito (dorsale). Devono essere evitate le giunzioni e le derivazioni nei pozzetti o nelle canale portacavi.