



Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131
Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio
dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS–Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI Dott. Ing. Alessandro MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19116 Ordine Ing. di Roma n. 19645

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA
Ordine Geol. Lazio n. 928

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

IMPIANTI

Relazione tecnica impianti

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

L O P L S P E 1 7 0 1

NOME FILE

TOOIM00IMPRE01_A

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T O O I M 0 0 I M P R E 0 1

A

-

D

C

B

A

EMISSIONE

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 SVINCOLI	7
4.1	DESCRIZIONE	7
4.2	GENERALITÀ	9
4.3	ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI LINEARI A RASO ED A ROTATORIA	9
4.3.1	<i>Identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso</i>	9
4.3.2	<i>Identificazione della categoria illuminotecnica di progetto</i>	11
4.3.3	<i>Identificazione delle categorie illuminotecniche di esercizio</i>	13
4.4	SIMULAZIONE ILLUMINOTECNICA	14
4.4.1	<i>Scelte progettuali</i>	14
4.4.2	<i>Regolazione</i>	14
5	PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI	14
5.1	DATI DI PROGETTO	14
5.1.1	<i>Caratteristiche dell'alimentazione</i>	14
5.1.2	<i>Condizioni ambientali</i>	15
5.2	IMPIANTO ELETTRICO – SCELTE PROGETTUALI	15
5.2.1	<i>Suddivisione dell'impianto</i>	15
5.2.2	<i>Sezione dei conduttori</i>	15
5.2.3	<i>Tipi di condutture e relativi modi di posa</i>	17
5.3	DISTRIBUZIONE ELETTRICA SVINCOLI	19
5.4	RELAZIONE DI CALCOLO	20
6	SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE	20
6.1	GENERALITÀ	20
6.2	SOSTEGNI	20
6.2.1	<i>Tipologia</i>	20
6.2.2	<i>Basamenti</i>	20
6.2.3	<i>Posa dei pali</i>	21
6.3	APPARECCHI ILLUMINANTI	21
6.3.1	<i>Tipologia apparecchi</i>	21
6.3.2	<i>Montaggio</i>	22

6.3.3	<i>Regolazione</i>	22
6.4	CAVIDOTTI	23
6.4.1	<i>Tipo di posa</i>	23
6.4.2	<i>Pozzetti</i>	24
6.5	LINEE DI ALIMENTAZIONE	24
6.5.1	<i>Materiali costruttivi</i>	24
6.5.2	<i>Sezioni e distribuzione delle linee di alimentazione</i>	25
6.5.3	<i>Sfilabilità dei cavi</i>	25
6.5.4	<i>Collegamento delle fasi ai punti luce</i>	25
6.5.5	<i>Giunzioni</i>	25
6.5.6	<i>Identificazione dei circuiti e delle fasi</i>	25
6.5.7	<i>Derivazioni verso le armature stradali</i>	25
6.6	IMPIANTO DI TERRA	26
6.7	QUADRI ELETTRICI	26
6.7.1	<i>Caratteristiche</i>	26

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

Questo documento costituisce la relazione tecnica relativa alla progettazione esecutiva degli impianti di illuminazione degli svincoli denominati BONORVA SUD e BONORVA NORD.

Nella progettazione esecutiva 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.

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 esecutiva degli impianti di illuminazione.

Le principali norme applicabili sono:

- 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 12464-2:2014 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- UNI EN 13201-2:2016 Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201-3:2016 Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201-4:2016 Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche.
- UNI 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
- 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 U₀/U non superiori a 0,6/1 kV.
- CEI UNEL 35016 – “Classi di reazione al fuoco dei cavi elettrici” in relazione al Regolamento UE 305/2011.

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 – "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 (art. 19, comma 1, L.R. 29 maggio 2007, n. 2)."

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 esecutiva relativo agli impianti di illuminazione previsti nell'ambito dell'intervento: *S.S. 131 di "Carlo Felice" – "Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131- Risoluzione dei nodi critici - 1° stralcio dal km 158+000 al km 162+700"*. In particolare, le zone oggetto di intervento sono:

- Svincolo "Bonorva Nord";
- Svincolo "Bonorva Sud".

I dettagli, le metodologie di progettazione e di calcolo sono riportati nei capitoli successivi di questo documento e negli allegati richiamati.

4 PROGETTO ILLUMINOTECNICO SVINCOLI

4.1 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 (non presenti negli svincoli in progetto).

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

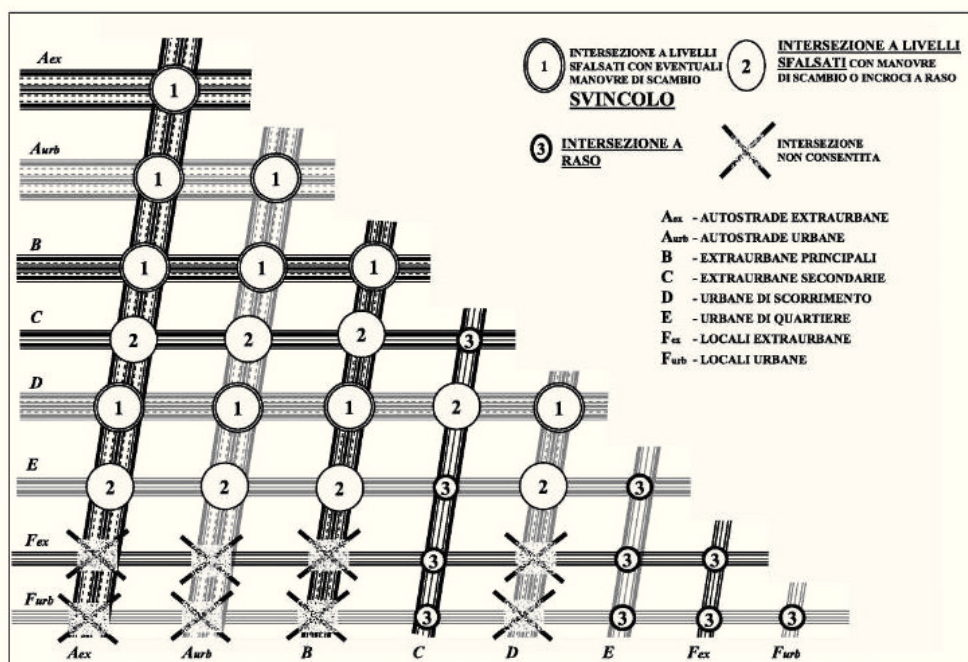


Figura 3 - Organizzazione delle reti stradali e definizioni delle intersezioni ammesse (come livelli minimi).

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 prevede una procedura di analisi dei rischi, con la quale individuare la configurazione di 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 gli interventi in oggetto prevedono l'illuminazione delle corsie d'entrata (d'immissione) e di uscita (di diversione) degli svincoli BONORVA SUD e BONORVA NORD oltre alle due rotonde presenti nello svincolo di BONORVA NORD.

Sono previste forniture in bassa tensione per ciascuna delle due aree svincolo.

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”.

4.2 Generalità

Questo capitolo dettaglia le scelte progettuali seguite nella redazione del progetto illuminotecnico degli impianti di illuminazione degli svincoli.

Per ogni area di intervento si evidenziano i requisiti illuminotecnici con l’identificazione delle categorie illuminotecniche di progetto conseguenti all’analisi dei rischi.

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.

Gli svincoli oggetto del presente intervento, presentano sia intersezioni a livelli sfalsati che intersezioni a rotatoria, di seguito esplicitate.

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nella “Relazione di calcolo elettrico e illuminotecnico”.

4.3 Illuminazione delle intersezioni lineari a raso ed a rotatoria

4.3.1 Identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso

4.3.1.1 Generalità

Le aree di svincolo oggetto di studio, comprese le intersezioni a rotatoria presenti, rientrano in questa tipologia di intersezione.

In generale, gli elementi che compongono l’intersezione lineare a raso o a livelli sfalsati, così come pure per le intersezioni 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.

4.3.1.2 Identificazione delle zone di studio

Le zone di studio vengono individuate come esplicitato nell’appendice A della norma UNI 11248 del 2016.

In dettaglio, si considerano zone oggetto di intervento, le seguenti:

- le zone di immissione agli svincoli di Bonorva Nord e Bonorva Sud;
- le zone di uscita agli svincoli di Bonorva Nord e Bonorva Sud;
- le due intersezioni a rotatoria presenti allo svincolo di Bonorva Nord;

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. Nel caso in esame, l'asse stradale viene adeguato ad una strada di tipo "B", per cui la categoria illuminotecnica di ingresso associata è M2, come di seguito evidenziato.

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	

4.3.1.3 Strade di accesso non illuminate

Con riferimento al prospetto 6 della norma UNI 11248, riportato di seguito, nel caso di zone di studio facenti parte di una strada non illuminata, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere pari alla maggiore tra categorie illuminotecniche di ingresso previste per le strade di accesso se venissero illuminate.

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

In questo caso, essendo le strade di accesso di categoria M2 e il valore Q_0 (Coefficiente medio di luminanza) pari a $0,07 \text{ sr}^{-1}$ (classe C2 per le pavimentazioni di asfalto), come indicato nel prospetto B.1 della UNI 11248:2016 di seguito riportato, la categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi deve essere pari a C2.

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

4.3.1.4 Intersezioni a rotatoria con rami di approccio non illuminati

Facendo sempre riferimento ai prospetti sopra riportati ed al par. A.3.1.4 della norma UNI 11248, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere pari alla maggiore tra le categorie illuminotecniche di ingresso previste per i rami di approccio, se questi venissero illuminati: nel caso in esame, la categoria di ingresso per le rotatorie sarà pertanto C2.

4.3.2 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, mentre il contributo degli altri parametri di influenza costanti si è valutato come segue:

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

Da questa valutazione, sommando i vari contributi, si ottiene un valore di riduzione complessivo pari a 1,8 e quindi, la riduzione di 1 categoria illuminotecnica da quelle di ingresso (C2 per le rotonde e le corsie) a quelle di progetto (C3).

4.3.3 Identificazione delle categorie illuminotecniche 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	0,8
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 è ottenuta una ulteriore riduzione di 1 categoria illuminotecnica da quella di progetto (C3) a quella di esercizio (C4).

Questa ulteriore riduzione della categoria illuminotecnica sarà ottenuta mediante l'utilizzo, in ogni area di svincolo, di regolatori di flusso luminoso, rispondenti alla norma UNI 11431:2011.

Inoltre, coerentemente con quanto prescritto nel paragrafo A.3.1.4 della UNI 11248 per le rotonde con bracci non illuminati, per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, si è realizzata un'illuminazione decrescente tra la zona illuminata e quella completamente buia, per una lunghezza non minore dello spazio percorso in 3 s alla massima velocità prevista di percorrenza dell'intersezione.

Per una categoria illuminotecnica di progetto pari a C3, i valori da rispettare sono i seguenti:

- \bar{E} (Illuminamento medio) = 15 lx;
- U_0 (Uniformità generale) = 0.40;

così come indicato nel prospetto 2 della UNI EN 13201-2:2016 di seguito riportato

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	\bar{E} [minimo mantenuto] lx	U_0 [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40

C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

4.4 Simulazione illuminotecnica

La simulazione illuminotecnica è effettuata per lo scenario

Scenario	Descrizione
Traffico 100%	Illuminazione con traffico pari al 100% del traffico di progetto

La simulazione non è effettuata per lo scenario "Traffico < 50%" perché le verifiche sono automaticamente soddisfatte se si applica lo stesso livello di regolazione a tutti gli apparecchi.

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nella "Relazione di calcolo elettrico e illuminotecnico".

4.4.1 Scelte progettuali

Gli apparecchi utilizzati per le rampe di ingresso e uscita e per le rotatorie dello svincolo BONORVA NORD sono del tipo a LED da 63 W, IP66, Classe II, posizionati su pali di altezza fuori terra pari a 9 m, con sbraccio di 2 m.

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

4.4.2 Regolazione

Per ridurre gli oneri di manutenzione e i costi energetici, è previsto un sistema di regolazione del flusso luminoso basato sulle "onde convogliate".

5 PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

5.1 Dati di progetto

5.1.1 Caratteristiche dell'alimentazione

L'energia viene fornita in bassa tensione, al nuovo quadro elettrico, ubicato nelle area di svincolo, ed ha le seguenti caratteristiche:

- Frequenza 50 Hz
- Tensione nominale 230 V
- L'impianto è del tipo TT
- Potenza impegnata:
 - 3,7 kW monofase per lo svincolo di BONORVA NORD
 - 2,9 kW monofase per lo svincolo di BONORVA SUD

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 elettrico e illuminotecnico".

5.1.2 Condizioni ambientali

Le opere sono realizzate in esterno.

5.2 Impianto elettrico – scelte progettuali

5.2.1 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).

Ciò posto, sono state previsti n.6 circuiti di alimentazione indipendenti per lo svincolo di BONORVA NORD e n.4 per BONORVA SUD.

5.2.2 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.

5.2.2.1 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:

$$I_B \leq I_z$$

5.2.2.2 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.

5.2.2.3 Sezioni minime dei conduttori

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

- 2,5 mm² per cavi in Cu dei circuiti di potenza;
- 0,5 mm² per cavi in Cu dei 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.

5.2.3 Tipi di condutture e relativi modi di posa

5.2.3.1 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.

5.2.3.2 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.

5.2.3.3 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.

5.2.3.4 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.

5.2.3.5 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.

5.2.3.6 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione è realizzata adottando i seguenti accorgimenti:

- Tutti i proiettori previsti negli svincoli sono in Classe II (doppio isolamento) e, pertanto, non è prevista la messa a terra;
- conduttori di protezione di adeguata sezione per tutte le utenze elettriche non previste in classe II;
- protezioni differenziali a media ed alta sensibilità.

5.2.3.7 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.

5.2.3.8 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.

5.2.3.9 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

5.3 Distribuzione elettrica svincoli

Il progetto prevede la realizzazione di due impianti elettrici distinti a servizio dell'illuminazione degli svincoli denominati BONORVA NORD e BONORVA SUD.

Le caratteristiche elettriche degli impianti d'illuminazione sono essenzialmente:

- Tensioni nominali di alimentazione: 230 V fase-neutro
- Frequenza nominale di tali tensioni: 50 Hz
- Distribuzione delle alimentazioni: 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 costituiti da tubazione in pvc pesante, diametro 90 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 con chiusini carrabili.

5.4 Relazione di calcolo

Le relazioni di calcolo elettrico per i due impianti sono riportate nella "Relazione di calcolo elettrico e illuminotecnico".

6 SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE

6.1 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

6.2 Sostegni

6.2.1 Tipologia

I pali utilizzati per il sostegno dei corpi illuminanti sono di altezza totale pari a 9,80 m ($h_{ft} = 9,00$ m) con sbraccio di 2,00 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 interrimento.
- asola portamorsettiera (morsettiera in Classe II) completa di portello in alluminio.

I pali sono inseriti nel foro del basamento prefabbricato 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.

6.2.2 Basamenti

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

I basamenti sono del tipo prefabbricato in cls vibrato con resistenza caratteristica non inferiore a $R_{ck} = 40$ N/mm², della dimensione di 106x78x85 cm.

Tutti i basamenti sono posti al di fuori della sede stradale. Nel plinto dovranno essere ricavati:

- Un pozzetto ispezionabile di dim. 40x40x40 cm, con fori laterali per l'innesto dei cavidotti;
- Un foro disperdente alla base;
- Fori passacavi;

- Foro per alloggiamento del palo.

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.

6.2.3 Posa dei pali

Le quote di infilaggio del palo all'interno del basamento, dei fori porta morsettiere 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 2,3 m dal bordo interno della barriera di protezione in modo da ridurre i rischi di abbattimento in caso di svio dei veicoli. Tale distanza elimina 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 sempre valutata 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.

La quota di installazione dei corpi illuminanti negli svincoli e nelle rotatorie è pari a 9,00 m dal piano stradale.

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

6.3 Apparecchi illuminanti

6.3.1 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 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.

6.3.2 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.

6.3.3 Regolazione

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.

6.4 Cavidotti

6.4.1 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 interrato 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'ideale accoppiamento, avente diametro nominale 90 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.

6.4.2 Pozzetti

In corrispondenza dei nodi di derivazione, 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.

I pozzetti sono dotati di chiusini con carrabilità B125. Il chiusino è completo di dicitura "Impianti elettrici" o analoga concordata con la DL.

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 40 x 40 x 40 cm,
- pozzetto 50 x 50 x 80 cm .

I pozzetti di derivazione sono ricavati nel plinto del palo, ben allineati, con la battuta del chiusino sul telaio perfettamente combaciante per non creare rumorosità indesiderate.

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

6.5 Linee di alimentazione

6.5.1 Materiali costruttivi

Le linee di alimentazione dorsale degli impianti di illuminazione degli svincoli, 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 etilenpropilenica sotto guaina in PVC, tipo ARG7R - 0.6/1 kV (per le dorsali di alimentazione) e FG7R - 0.6/1 kV (per gli stacchi in derivazione al palo), rispondenti alle norme CEI.

6.5.2 Sezioni e distribuzione delle linee di alimentazione

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

6.5.3 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.

6.5.4 Collegamento delle fasi ai punti luce

Per tutti gli impianti è prevista una distribuzione monofase.

6.5.5 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.

6.5.6 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.

6.5.7 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.

6.6 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.

6.7 Quadri elettrici

6.7.1 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.