



Città Metropolitana di Bologna

Via Zamboni, 13 - 40126 Bologna (BO)

IL RUP:

P.I.E. Stefano Romagnoli

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO:

Ing. Jonathan Manzi

INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA

(CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

IMPIANTI ELETTRICI

Illuminazione stradale

Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico

PROGETTAZIONE:
Mandatara:

SYSTRA S.p.A.

Via della Stazione, 27 38123 Trento (TN), Italy - www.systra.com/italy

Mandanti:



SETECO Ingegneria S.r.l.

ITEC Engineering S.r.l.

SCALA: ---	IL PROGETTISTA:	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
FORMATO: A4	DATA: Apr 2026	
	Ing. Erica Calatizzo	Ing. Erica Calatizzo



REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
r00	Emissione	L.Segata	Apr 2026	G. Di Cosimo	Apr 2026	M. Ravelli	Apr 2026

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.
24V25	PF	R	IP	100	r00

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.	INTRODUZIONE	6
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE	7
4.1	CLASSIFICAZIONE DELLE OPERE	7
4.2	DESCRIZIONE INTERVENTO	7
4.3	DISTRIBUZIONE ELETTRICA (CAVIDOTTI E POZZETTI)	8
4.4	DISTANZE FRA CAVI ENERGIA, TELECOMUNICAZIONE E TUBAZIONI METALLICHE (GAS)	9
5.	QUADRI ELETTRICI	11
6.	CAVI ELETTRICI	11
6.1	CAVO FS17 450/750V	12
6.2	CAVO FG16R16 0,6/1kV - FG16OR16 0,6/1kV	12
7.	IMPIANTO ILLUMINAZIONE	12
7.1	ARMATURE STRADALI PER ILLUMINAZIONE STRADALE – TIPOLOGICO S01	12
7.2	PALI E SOSTEGNI ARMATURE STRADALI	13
7.3	GESTIONE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	14
7.4	INQUINAMENTO LUMINOSO	14
8.	ILLUMINAZIONE SEGNALAZIONE OSTACOLI AL VOLO (SOV)	15
9.	DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ELETTRICO	16
9.1	CRITERI DI CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO	16
9.1.1	CORRENTE DI CORTO CIRCUITO TRIFASE SIMMETRICA	16
9.1.2	CORRENTE DI CORTO CIRCUITO MONOFASE	17
9.2	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI BT	17
9.2.1	PORTATA DEL CONDUTTORE INTERRATO	17
9.2.2	PORTATA DEL CONDUTTORE NON INTERRATO	18
9.2.3	SCELTA DELLA SEZIONE DEL CONDUTTORE	19
9.2.4	CADUTA DI TENSIONE	19
9.2.5	VERIFICA DELLA PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI	20
9.2.6	CONDIZIONI DI CORTO CIRCUITO	20
9.3	DIMENSIONAMENTO DEGLI INTERRUTTORI AUTOMATICI	22
9.3.1	INTERRUTTORE GENERALE DI IMPIANTO	22
9.3.1.1	Corrente nominale	22
9.3.1.2	Relè Termico	22

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.3.1.3	Relè Magnetico	22
9.3.1.4	Potere di interruzione	22
9.3.2	INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI	23
9.3.2.1	Corrente nominale	23
9.3.2.2	Relè Termico	23
9.3.2.3	Relè Magnetico	23
9.3.2.4	Potere di interruzione	23
9.4	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI	24
9.5	IMPIANTO DI TERRA	26
9.5.1	DISPERSORE	26
9.5.2	CONDUTTURE DI TERRA	26
9.5.3	COLLETTORE (O NODO) PRINCIPALE DI TERRA	27
9.5.4	CONDUTTORI DI PROTEZIONE	27
9.5.5	CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI	27
9.5.6	VERIFICA ANALITICA	27
9.6	SELETTIVITÀ INTERRUTTORI	28
9.6.1	SITUAZIONE DI SOVRACCARICO	28
9.6.2	SITUAZIONE DI CORTOCIRCUITO	29
9.6.3	SELETTIVITÀ DIFFERENZIALE	29
9.6.4	CONCLUSIONI	30
10.	CALCOLI E VERIFICHE DEL QUADRO ELETTRICO IN PROGETTO	30

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

1. INTRODUZIONE

Il presente documento descrive le opere elettriche previste in progetto e il procedimento di calcolo per il dimensionamento delle linee elettriche e relativi interruttori di protezione, nel rispetto delle Norme vigenti in materia elettrica.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi applicabili alla progettazione degli impianti in oggetto.

- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- 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 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo
- CEI EN 60909 Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a corrente alternata
- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione
- CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI EN 50110-2 (CEI 11-49) Esercizio degli impianti elettrici – Allegati nazionali
- CEI 16-7 Elementi per identificare i morsetti e la terminazione dei cavi
- CEI EN IEC 61439-1 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione – Regole generali
- CEI EN IEC 61439-2 Quadri di potenza
- CEI EN IEC 61439-3 Quadri di distribuzione per uso domestico e similare
- CEI EN IEC 61439-4 Quadri per cantiere (ASC)
- CEI EN IEC 61439-5 Quadri per distribuzione pubblica
- CEI 17-108 Guida all'applicazione della norma CEI EN 61439
- Serie CEI 20 (20-13, 20-14, 20-19, 20-20, 20-22, 20-35, 20-36, 20-37, 20-45, 20-65) relative ai vari tipi di cavi elettrici
- CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi elettrici
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi a 0,6/1 kV
- CEI EN 50575 Classificazione CPR dei cavi elettrici
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua
- CEI 64-8 Sezione 714 Impianti di illuminazione situati all'esterno
- CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- CEI 64-8 (Sezione 54) Impianti di terra

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

- CEI 64-14 Verifiche degli impianti di terra
- DM 37/2008 Norme per la sicurezza degli impianti
- Decreto Legislativo 81/2008 Sicurezza nei luoghi di lavoro
- CEI EN 60529 (CEI 70-1) Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
- CEI EN IEC 62305-1 Protezione contro i fulmini – Principi generali
- CEI EN IEC 62305-2 Valutazione del rischio
- CEI EN IEC 62305-3 Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN IEC 62305-4 Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture
- Tabelle CEI-UNEL 00722 Colori distintivi delle anime dei cavi isolati
- Normativa europea prodotti da costruzione Regolamento UE n. 305/2011 (CPR) Prodotti da costruzione CEI EN 50575 Classificazione CPR dei cavi elettrici
- UNI 11248 Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI EN 13201-2 Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201-3 Illuminazione stradale – Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201-4 Illuminazione stradale – Metodo di misura delle prestazioni
- UNI EN 13201-5 Illuminazione stradale – Indicatori di prestazione energetica
- LEGGE REGIONALE n. 17 del 07 agosto 2009 “Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici”
- D.M. 27 settembre 2007 (in realtà: 27 settembre 2017) “Criteri Ambientali Minimi per l’acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l’acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l’affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica”
- D.M. 28 marzo 2018 “Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di illuminazione pubblica”

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

3. INTRODUZIONE

Il presente rapporto tratta della descrizione dei lavori relativi alla realizzazione del nuovo ponte sul fiume Idice in località La Motta, sulla SP 6 "Zenzalino", in corrispondenza del km 13, che collegherà il comune di Budrio (BO) ed il Comune di Molinella (BO), a seguito del crollo, conseguente agli eventi di piena del 16/17 maggio 2023, del ponte esistente.

In Figura 1-1 viene individuata l'area di intervento con inserito il ponte prima del crollo.



Figure 1. Inquadramento dell'area di intervento prima del crollo

Il principio che ha accompagnato la progettazione del nuovo ponte è quello di:

- 1.** eliminare ogni possibile interdipendenza tra corso d'acqua e struttura, ovvero di evitare che la nuova costruzione risultasse di ostacolo alle acque di piena ed agli eventuali trasporti solidi del corso d'acqua
- 2.** riutilizzare tutto il materiale scavato all'interno del cantiere al fine di ottenere il giusto ritorno ambientale, eliminando i transiti sulla viabilità locale, ed economico, evitando i costi di trasporto e scarica, per il cantiere;
- 3.** riutilizzare tutto il conglomerato bituminoso fresato dell'attuale pavimentazione riutilizzandolo per strati rigenerati a freddo ed additivati con emulsione bituminosa e cemento a formare strati di base di maggiore efficienza

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE

L'intervento prevede il rinnovo dell'intera area stradale con la realizzazione del nuovo ponte ma anche il rifacimento degli innesti lungo la Strada Provinciale 6 dove si è proceduto all'analisi delle intersezioni a raso presenti lungo il tracciato oggetto di intervento. Al fine di incrementare i livelli di sicurezza stradale e ridurre il rischio di incidentalità nelle ore crepuscolari e notturne, si è disposta l'illuminazione dei singoli innesti stradali in conformità ai criteri illuminotecnici stabiliti dalla norma UNI 11248. L'intervento è volto a garantire la corretta percezione dei punti di conflitto e la tempestiva visibilità dei veicoli in fase di immissione e manovra. Tali aree sono state classificate come 'Zone di Studio' (punti singolari), sono stati analizzati secondo i criteri stabiliti dalla UNI EN 13201-2 al punto A.2.1.4. Il posizionamento dei sostegni e la scelta delle ottiche sono stati ottimizzati per garantire i requisiti di luminanza e uniformità necessari, minimizzando al contempo i fenomeni di abbagliamento debilitante (TI) e la dispersione luminosa verso l'alto, nel pieno rispetto delle leggi regionali vigenti in materia di inquinamento luminoso. L'analisi del rischio è riportata nella relazione illuminotecnica allegata al progetto.

Le zone in cui è previsto l'impianto d'illuminazione stradale sono:

- Innesto 1 su strada Provinciale 6 Prog. 875.065
- Innesto 2 su strada Provinciale 6 Prog. 160.000

Lo sviluppo del progetto si basa sulla simulazione di calcolo illuminotecnico con programmi software dedicati, i quali utilizzano le apparecchiature elettriche delle principali ditte fornitrici, universalmente riconosciuti di elevata affidabilità e debitamente validati. Il risultato di calcolo e l'analisi del rischio è riportato nell'elaborato dedicato presente all'interno del progetto.

Oltre all'illuminazione pubblica è stato necessario prevedere un'illuminazione di segnalazione ostacoli di volo (SOV) del ponte descritta nel capitolo dedicato nella presente relazione.

4.1 Classificazione delle opere

L'impianto in oggetto, ricadendo nell'ambito dell'illuminazione pubblica, è soggetto alle prescrizioni della norma CEI 64-8, Sezione 714. In conformità all'articolo 714.412, la protezione contro i contatti diretti (protezione di base) deve essere garantita mediante l'impiego di isolamento delle parti attive o tramite barriere e involucri idonei. Al fine di garantire la massima affidabilità e sicurezza d'esercizio, gli apparecchi illuminanti, le morsettiere, i quadri elettrici e le cassette di derivazione presenteranno un grado di protezione non inferiore a IP55.

4.2 Descrizione intervento

L'impianto d'illuminazione delle aree soggette ad intervento è composto da armature stradali installate su palo in acciaio con altezza 8m fuori terra nelle intersezioni stradali, completi di plinto in calcestruzzo per l'infissione nel terreno. La scelta della potenza della lampada e l'ottica dell'apparecchio è stata fatta in funzione dell'area da illuminare e per ottimizzare l'efficienza del nuovo impianto.

La distribuzione elettrica sarà eseguita con cavidotti interrati e pozzetti rompitratta per facilitare la posa dei cavi di alimentazione. Ogni palo d'illuminazione sarà dotato di plinto di fondazione prefabbricato e pozzetto di connessione alla rete di cavidotti interrati. L'alimentazione elettrica delle zone oggetto d'intervento prevista in progetto sarà differente in quanto l'illuminazione esistente

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

presenta situazioni differenti. In entrambi i lati del nuovo ponte è presente un tratto di strada illuminata da illuminazione pubblica ma non sarà possibile derivare l'alimentazione di entrambe le aree oggetto d'intervento in quanto l'illuminazione esistente nel lato sud-ovest del ponte è alimentata da una linea aerea obsoleta e senza informazioni tecniche mentre quello presente a nord risulta essere più recente. Le alimentazioni elettriche delle nuove aree illuminate saranno così raggruppate:

- Lato sud-ovest: sarà richiesto un nuovo contatore di energia e realizzato un nuovo quadro elettrico per alimentare il nuovo impianto d'illuminazione dell'innesto 1 su strada Provinciale 6 Prog. 875.065;
- Lato nord-est: verrà derivata una linea monofase dall'ultimo palo d'illuminazione presente lungo la strada in modo da alimentare l'innesto 2 su strada Provinciale 6 Prog. 160.000;(lo scavo rientra nell'area d'intervento)

Se l'alimentazione elettrica così predisposta non potrà essere realizzata, sarà necessario prevedere una nuova fornitura di energia in entrambe le zone definite precedentemente e realizzare un piccolo quadro elettrico per la gestione dell'impianto.

La regolazione dell'accensione/spegnimento dell'impianto illuminazione sarà eseguita allo stesso modo di quanto previsto per l'illuminazione presente lungo la strada in oggetto. (orologio astronomico)

4.3 Distribuzione elettrica (cavidotti e pozzetti)

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. La posa dei cavi di alimentazione avverrà all'interno di cavidotti interrati, costituiti da tubi protettivi a doppio strato in polietilene strutturato ad alta densità, corrugato esternamente e con parete interna liscia, resistenza allo schiacciamento di 450 N, completo di giunto a manicotto conforme alle norme CEI EN 50086-1-2-4, con diametro esterno mm 110. 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). 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:

- pari a cm 60 in sede non stradale
- maggiore di cm 80, estradosso tubo, in sede stradale.

In corrispondenza dei pali d'illuminazione, nei 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 D400. Il chiusino è completo di dicitura "Impianti elettrici" o analoga concordata con la DL. Per il drenaggio delle acque di possibili infiltrazioni, 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. Le dimensioni e l'ubicazione dei pozzetti si evince dagli elaborati di progetto. I pozzetti di derivazione saranno collocati davanti al palo, ben allineati, con la battuta del chiusino sul telaio perfettamente combaciante per non creare rumorosità indesiderate. Il cavidotto entrerà nel pozzetto solo lateralmente e ben stuccato con malta cementizia.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

La derivazione dei cavi per ogni palo avviene nell'apposita morsettiera di connessione ubicata nel palo in una cassetta di derivazione da palo con grado di protezione IP67, classe II. La cassetta di derivazione contenuta nel palo si trova ad un'altezza di 1m dal piano di calpestio e grazie alla serratura a chiave non permette il facile accesso da personale non autorizzato evitando possibili contatti diretti.

I pali d'illuminazione previsti sono di tipo metallico e saranno posati con un plinto di fondazione in calcestruzzo. I basamenti di fondazione della dimensione di 800x800x1000 cm saranno posti oltre la sede stradale. La parte superiore dei basamenti di fondazione, su terreno naturale, sarà ricoperta dal terreno, salvo diverse disposizioni impartite dalla direzione lavori; per le zone in rilevato, la profilatura della scarpata deve essere concordata con la direzione lavori. I basamenti saranno completi di apposito foro realizzato con tubi in PVC per il collegamento con il pozzetto di distribuzione elettrica. Il raccordo fra il pozzetto di derivazione esterno al basamento ed il basamento di fondazione stesso, per la posa del cavo di alimentazione, sarà realizzata con tubo in PVC flessibile del diametro interno di mm 60 ed a 30cm. di profondità; tale raccordo avrà pendenza verso il pozzetto.

Non è previsto il collegamento a terra del palo in quanto tutti gli apparecchi sono in classe di isolamento II e anche la cassetta di derivazione sarà dotata della stessa classe d'isolamento. Infatti, mettere a terra un apparecchio di classe II potrebbe portare ad interessare l'apparecchio da tensioni pericolosi presenti nell'impianto di terra e causati da un malfunzionamento. Inoltre, la probabilità che in un apparecchio di classe II ceda l'isolamento doppio o rinforzato è molto più remota rispetto da una tensione pericolosa entrante dall'impianto di terra. Il collegamento dell'eventuale SPD presente nell'apparecchio illuminante sarà eseguito con il palo in acciaio che funge da dispersore naturale verso terra, scaricando a terra l'eventuale sovratensione con un tempo talmente breve da non determinare pericolo alle persone. Per proteggere da eventuali sovratensioni provenienti dalla linea elettrica, verrà installato uno scaricatore di tensione nel quadro generale in grado di scaricare la sovratensione nell'impianto di terra previsto nei pressi del quadro.

4.4 Distanze fra cavi energia, telecomunicazione e tubazioni metalliche (gas)

Nell'esecuzione delle opere di posa di cavidotti interrati contenenti cavi energia bisogna rispettare le distanze da eventuali cavi di telecomunicazione o tubazioni metalliche indicate nella norma CEI 11-17 paragrafo 6. In caso di incroci con cavi di telecomunicazioni è necessario rispettare le seguenti regole imposte dalla norma:

- il cavo energia deve essere posizionato ad una quota inferiore rispetto a quello di telecomunicazione
- la distanza tra cavo energia e telecomunicazione non deve essere inferiore a 0,30m
- il cavo posto ad una quota superiore deve essere segnalato e protetto con dispositivi adatti e descritti al paragrafo 6.1.4 della norma CEI 11-17

La norma specifica che se almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi, non è necessario osservare le prescrizioni sopraelencate.

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi acquedotti, oleodotti e simili non deve effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. Non si devono avere giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio, a meno che non siano attuati i provvedimenti descritti nel seguito. Nessuna particolare prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

cavi di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico (separatori in calcestruzzo), prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico (per es. lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica. Le distanze sopra indicate possono essere ulteriormente ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico.

Nel caso di parallelismi tra cavi energia e tubazioni metalliche è necessario rispettare la distanza massima tra loro ed in nessun tratto potrà essere misurata una distanza inferiore a 0,30m tra le superfici esterne di essi o di eventuali manufatti di protezione. La norma permette di derogare la distanza indicata precedentemente in due casi:

- quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50m;
- quando tale differenza è compresa tra 0,30m e 0,50 m, ma si interpongano fra le due strutture elementi separatori non metallici, nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico;

In ogni modo non devono essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni contenenti fluidi infiammabili mentre per tubazioni di altro uso tale posa è consentita purché le tubazioni non siano poste a stretto contatto e ci sia un accordo tra gli Enti proprietari delle tubazioni.

La coesistenza tra gasdotti interrati e cavi energia è regolamentata dal D.M. 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" quindi nel caso di incroci o parallelismi tra cavi energia e tubazioni dedicate al trasporto di gas naturali dovranno essere definiti con gli Enti proprietari o concessionari del gasdotto. Le prescrizioni descritte nei precedenti paragrafi sono applicabili, ove non in contrasto col suddetto D.M., per incroci e parallelismo con cavi direttamente interrati con le modalità di posa L (senza protezione meccanica) e M (con protezione meccanica). Le condotte per gas metano sono classificate in sette specie, le quali si differenziano tra loro in funzione della pressione massima di esercizio (MOP). Di conseguenza le distanze tra tubazione del gas e cavidotti elettrici sono vincolate alla classificazione del gasdotto. Solitamente nei centri abitati sono utilizzate condotte con pressioni inferiori a 5 bar (classificazione specie 4-5-6-7) mentre la distribuzione principale utilizza pressioni tra i 5 e 24 bar (classificazione specie 1-2-3). (UNI 9165 e DM 11/04/2008) In seguito ad un confronto con l'Ente o il Concessionario del gasdotto sarà possibile identificare eventuali tubazioni presenti nelle zone di scavo, attualmente non identificate, per poi definire le distanze di rispetto tra cavidotti energia e condotte del gas. Le distanze indicate dalla Norma UNI 9165 e dal DM 11/04/2008 in caso di parallelismi tra cavidotti energia e condotti gas sono:

- per condotti gas di specie 1-2-3 deve esserci una distanza pari alla profondità di posa del condotto gas
- per condotti gas di specie 4-5 deve esserci una distanza maggiore a 0,5m
- per condotti gas di specie 6-7 deve esserci una distanza in grado di consentire interventi di manutenzione senza intralciare il funzionamento dei due impianti

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA												
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	<table><tr><td>CODICE PROGETTO</td><td>LIVELLO PROG.</td><td>TIPO DOC.</td><td>AMBITO</td><td>PROGRESSIVO</td><td>REV.</td></tr><tr><td>24V25</td><td>PF</td><td>R</td><td>IP</td><td>100</td><td>r00</td></tr></table>	CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.	24V25	PF	R	IP	100	r00
CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.								
24V25	PF	R	IP	100	r00								

In caso di incroci tra cavidotti energia e gasdotti le distanze di sicurezza da rispettare sono:

- per condotti gas di specie 1-2-3 deve esserci una distanza di almeno 1,5m (DM 11/04/2008 art. 2.7 allegato A)
- per condotti gas di specie 4-5 deve esserci una distanza maggiore a 0,5m
- per condotti gas di specie 6-7 deve esserci una distanza in grado di consentire interventi di manutenzione senza intralciare il funzionamento dei due impianti

5. QUADRI ELETTRICI

Come indicato in precedenza il nuovo quadro elettrico sarà posizionato nei pressi dell'incrocio 1 su strada Provinciale 6 Prog. 875.065 dove verrà richiesta una nuova fornitura di energia elettrica. Nel quadro elettrico è previsto il dispositivo di protezione della linea elettrica destinata all'impianto illuminazione per l'intersezione 1 su S.P.6. Il quadro elettrico sarà contenuto in un armadio in vetroresina così come il contatore di energia e posizionato in posizione protetta. All'interno dell'armadio in vetroresina sarà installato un centralino in PVC 2x18 moduli con grado di protezione IP65 dove saranno installati i dispositivi di protezione delle linee elettriche previste in progetto. Nel quadro elettrico saranno installati interruttori automatici dimensionati in base ai carichi previsti e con caratteristiche idonee alla protezione dalle sovracorrenti e dai cortocircuiti (norma CEI 64-8). Inoltre, saranno previsti moduli differenziali ad alta sensibilità per la protezione contro i contatti indiretti e come protezione aggiuntiva contro i contatti diretti.

Il potere di interruzione e le curve di intervento saranno scelti in base alla corrente di cortocircuito presunta e a criteri di selettività e settorializzazione dell'impianto. Le linee con sezione fino a 16 mm² verranno attestate su morsettiere componibili, mentre per sezioni superiori il collegamento avverrà direttamente sui morsetti degli interruttori. Per i circuiti ausiliari si utilizzeranno conduttori flessibili (isolamento 750 V, sezione minima 1,5 mm²). Gli organi di comando saranno identificati da apposite targhette e i collegamenti in ingresso saranno segregati mediante barriere isolanti.

Per il cablaggio si osserverà il seguente codice colori:

- Nero (o Grigio/Marrone): fasi;
- Blu chiaro: neutro;
- Giallo-Verde: protezione (PE);
- Grigio (o altro colore distinto): circuiti ausiliari.

Le sezioni dei conduttori sono calcolate per mantenere la caduta di tensione entro il 4%. La portata dei cavi è stata determinata secondo la norma CEI-UNEL 35026, applicando i coefficienti di riduzione per profondità di posa, resistività termica del terreno e raggruppamento dei circuiti. L'impiego di cavi tipo FG16OR16 garantisce inoltre la protezione per componenti di Classe II (doppio isolamento) ove richiesto.

6. CAVI ELETTRICI

I cavi utilizzati nel progetto sono di due tipologie:

- Cavo FS17 450/750V
- Cavo FG16R16 / FG16OR16 0.6/1kV

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

6.1 Cavo FS17 450/750V

Cavo per energia isolato in PVC di qualità S17, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) n°305/11, classe Cca - s3, d1, a3, conduttore di rame rosso ricotto classe 5, isolante in mescola di PVC di qualità S17. Questa tipologia di cavo viene utilizzata per il cablaggio interno del quadro.

6.2 Cavo FG16R16 0,6/1kV - FG16OR16 0,6/1kV

Cavo unipolare o multipolare per energia isolato in gomma HEPR di qualità G16, riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico, guaina in mescola termoplastica tipo R16 e conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5. Il prodotto è conforme al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR), n°305/11, classe Cca-s3,d1,a3. Questi cavi sono adatti per l'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di Ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e fumo, conformi al Regolamento CPR. Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Adatti anche per posa interrata diretta o indiretta. Non indicato per sringhe di collegamento con pannelli fotovoltaici. Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm): Cavi energia flessibili, conduttore classe 5 = 4 D / Cavi segnalazione e comandi flessibili, classe 5 = 6 D. Sforzo massimo di tiro paria 50 N/mm². Colore guaina Grigio chiaro RAL7035. Classe isolamento II

7. IMPIANTO ILLUMINAZIONE

Nel progetto proposto si prevede l'utilizzo armature stradali su palo per l'illuminazione delle intersezioni in oggetto.

7.1 Armature stradali per illuminazione stradale – Tipologico S01

nel campo della pubblica illuminazione stradale. L'armatura sarà installata su palo e collegato alla linea elettrica di alimentazione tramite morsettiera, come descritto nei paragrafi precedenti.

Le principali caratteristiche dell'apparecchio sono:

- Corpo: pressofusione in lega di alluminio UNI EN AB 47100
- Lenti: PMMA ad alta trasparenza
- Guarnizioni: silicone espanso antinvecchiante
- Schermo: vetro piano temperato
- Viti: acciaio INOX
- Piastra di cablaggio: acciaio zincato
- Finitura: fosfocromatazione e verniciatura in polveri di poliestere
- Classe di isolamento: classe II
- Tensione nominale: 220-240 V 50/60 Hz
- Grado di protezione IP: IP66
- Protezione contro gli urti: IK08

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

- Fattore di potenza: > 0.9
- Temperatura ambiente Ta: -30°C +50°C
- Superficie esposta max: 0,13 m²
- Superficie esposta laterale: 0,036 m²
- Protezione da sovratensioni modo comune: 10 kV
- Protezione da sovratensioni modo differenziale: 10 kV
- Sorgente: LED
- Temperatura colore: 4000 K
- Potenza elettrica 65W
- Flusso luminoso 10080lm
- Efficienza: 155 lm/W
- Ottica stradale asimmetrica
- Indice di resa cromatica (CRI): ≥ 70 SDCM ≤ 4
- Tipologia di ottica: asimmetrica stradale LA-64
- Classe di sicurezza fotobiologica: EXEMPT GROUP
- ULOR: 0 % (luce verso l'alto)
- Categoria intensità luminosa: G*4
- Marchi e Certificazioni: ENEC / CE
- Diametro per installazione pali: Ø 46 - 60 - 76 mm
- Inclinazione: testa-palo 0 + 20° (con step 5)
- Fissaggio al palo: N. 2 grani di fissaggio in acciaio INOX AISI 304
- Installazione su palo altezza fuori terra 8m

7.2 Pali e sostegni armature stradali

I pali saranno del tipo in lamiera di acciaio zincato a caldo, verniciato dello stesso colore dell'apparecchio illuminante grigio RAL9006, tipo diritto, e dovranno essere posati entro apposito plinto prefabbricato in cls vibrato di dimensioni 80x80x100cm (previo verifica statica) con resistenza caratteristica non minore di Rck 40 N/mm² e idonei per infissione di pali di illuminazione, tale da garantire la facilità di posa dei servizi grazie alla predisposizione di appositi fori. Il plinto deve essere realizzato da azienda in possesso di certificazione di Sistema Qualità Aziendale UNI EN ISO 9001. I plinti dovranno essere utilizzati per un rapido e preciso posizionamento dei pali stradali nelle varie dimensioni per garantire la portata dei pali nelle varie altezze. Il palo disporrà di una finestra per installazione morsettiera ad altezza 1000mm, completo di morsettiera 186x45mm con fusibile e portella di chiusura stagna IP55 o superiore.

Nel plinto dovranno essere ricavati:

- Un foro per l'innesto dei cavidotti derivato dal pozzetto;
- Un foro disperdente alla base;
- Foro alloggiamento del palo;

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

Il palo sarà bloccato nel basamento attraverso l'utilizzo di sabbia e cemento e la distanza di posizionamento di due pali successivi deve essere compresa tra 20 e 30 metri in accordo con i calcoli illuminotecnici.

7.3 Gestione impianto illuminazione

I prodotti proposti sono idonei per un futuro controllo dell'impianto da remoto. L'impianto d'illuminazione adiacente all'area d'intervento non è provvisto di controllo d'illuminazione ma i prodotti proposti nel progetto dovranno garantire la possibilità di interfacciare l'impianto ad un futuro sistema di gestione dell'impianto. L'accensione e lo spegnimento degli impianti in oggetto saranno regolati da un orologio astronomico.

7.4 Inquinamento luminoso

Il controllo dell'inquinamento luminoso è finalizzato, oltre che al risparmio energetico, anche alla salvaguardia dell'ambiente notturno, del paesaggio, della biodiversità, degli equilibri ecologici e della salute umana ed a consentire attività culturali-ricreative. Per questo motivo il flusso luminoso non indirizzato verso l'ambito da illuminare o emesso sopra l'orizzonte dagli apparecchi di illuminazione di un impianto pubblico deve essere il più possibile contenuto. La realizzazione di impianti di illuminazione pubblica resta sottoposta alle prescrizioni contenute negli strumenti di pianificazione (paesaggistici, territoriali, urbanistici e di settore), quando presenti, ed alle procedure autorizzative previste dalle specifiche norme di riferimento. A questo proposito occorre tener presente che una corretta valutazione degli effetti dell'inquinamento luminoso deve essere basata sulle caratteristiche spettrali della luce emessa e non su grandezze derivate, come la temperatura di colore correlata (Tcc). Nel progetto sono state utilizzate sorgenti luminose LED con Tcc non superiore a 4000K nominali. Gli apparecchi illuminanti utilizzati per le aree stradali esterne non emettono luce verso l'alto (0%) e quindi rispettano le norme relative all'inquinamento luminoso regionali.

La Regione Emilia-Romagna disciplina la materia attraverso la L.R. n. 19/2003 e le relative direttive tecniche applicative. Il riferimento tecnico attualmente vigente è la "Terza Direttiva", approvata con DGR n. 1732/2015, finalizzata a:

- Promuovere la riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi energetici correlati;
- Contenere le emissioni climalteranti;
- Tutelare l'attività di ricerca e divulgazione scientifica degli Osservatori astronomici.

La norma stabilisce i requisiti tecnici e di gestione per gli impianti di illuminazione sia pubblici che privati. Essa detta, inoltre, indirizzi di gestione per i Comuni interessati dalle Zone di particolare protezione, ovvero aree soggette a specifica tutela quali: Aree Naturali Protette, Siti della Rete Natura 2000, Corridoi ecologici e fasce di rispetto attorno agli Osservatori astronomici accreditati. Il quadro normativo è integrato, a livello nazionale, dai Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'illuminazione pubblica, che definiscono i requisiti ambientali per l'intero ciclo di vita degli impianti. Nello specifico, si fa riferimento a:

- D.M. 27/09/2017: "Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per la pubblica illuminazione, per l'acquisizione di apparecchi per l'illuminazione pubblica e per l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per l'illuminazione pubblica".
- D.M. 28/03/2018: "Criteri Ambientali Minimi per il servizio di illuminazione pubblica".

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

Nelle normative espresse sono indicati gli indici di prestazione IPEA (Indice Prestazione Energetica Apparecchio) e IPEI (Indice Prestazione Energetica Impianto). I criteri sulla prestazione energetica di apparecchi ed impianti di illuminazione tengono conto di questo aspetto attraverso la definizione di indici specifici IPEA* (per gli apparecchi) ed IPEI* (per gli impianti), aggiornati sulla base dell'evoluzione normativa e tecnologica, rispetto agli indici IPEA ed IPEI, di cui al decreto del Ministero dell'Ambiente del 23 dicembre 2013.

Tutti i corpi illuminanti utilizzati nel progetto di adeguamento di cui trattasi sono conformi ai CAM 2017, come dimostrato dagli attestati e dalle schede tecniche fornite. Ulteriori dettagli sono riportati nella relazione illuminotecnica allegata al progetto.

8. ILLUMINAZIONE SEGNALAZIONE OSTACOLI AL VOLO (SOV)

In considerazione della localizzazione dell'opera e della sua altezza strutturale superiore a 45m (ponte), l'installazione di un sistema di segnalazione luminosa ostacoli al volo (SOV) si rende necessaria per garantire la sicurezza della navigazione aerea, in ottemperanza alle prescrizioni del Regolamento ENAC e agli standard internazionali. Nonostante la struttura sia situata all'esterno del sedime aeroportuale, la sua presenza all'interno delle superfici di limitazione degli ostacoli (OLS) richiede una chiara definizione della sagoma dell'infrastruttura durante le ore notturne e in condizioni di scarsa visibilità. A tal fine, si prevede l'installazione di segnalatori a media intensità di Tipo B, certificati per l'impiego in ambito aeronautico. La scelta di dispositivi a tecnologia LED con alimentazione elettrica assicura la continuità operativa del segnale e la necessaria ridondanza, riducendo il rischio di collisione per i velivoli in fase di avvicinamento o decollo e sollevando l'Ente gestore da responsabilità civili e penali derivanti da omessa segnalazione di ostacolo fisso. La tipologia di lampada è regolata a seconda dell'altezza dell'ostacolo, ovvero:

- Se il ponte è < 45m: Specifica "Bassa Intensità di Tipo B (luce rossa fissa)"
- Se il ponte è > 45m: Specifica "Media Intensità di Tipo B (luce rossa lampeggiante)"
- Se il ponte è vicino alla costa: necessita un'ulteriore resistenza alla nebbia salina e grado di protezione IP66

Per il progetto in oggetto si ipotizza l'utilizzo di una lampada di media intensità con luce rossa lampeggiante, posizionata alle estremità della struttura e avente le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- Tecnologia LED
- Luce ROSSA - Lampeggiante
- Intensità: >2.000 cd
- Aspettativa di vita >10 anni
- Basso consumo
- Grado di protezione: IP66
- No radiazioni RF
- Resistente a venti oltre 240km/h (150mph)
- Resistenza alle vibrazioni testata: 80m/s² (10° scala Mercalli / 7° scala Richter)
- Alimentazione 230V 50Hz
- Consumo 1.5/3/4.5W (20/40/60fpm)
- Certificato da ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile)
- Pienamente conforme alla norma ICAO (laboratorio di terza parte accreditato ISO/IEC 17025)

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

L'impianto d'illuminazione sarà composto da 5 lampade posizionate in ogni montante del ponte per un totale di 10 apparecchi. L'alimentazione elettrica sarà derivata dal nuovo quadro posizionato all'intersezione 1 sulla S.P.6 con una linea in cavo posata in cavidotto interrato fino al ponte. Il cavidotto sarà interrotto da pozzetti rompitratta per facilitare la posa del cavo. La distribuzione elettrica lungo la struttura del ponte sarà eseguita con tubi in acciaio tipo TAZ e scatole in alluminio per la derivazione della linea elettrica nei pressi di ogni punto luce. L'accensione e lo spegnimento dell'impianto sarà regolato alla stessa maniera dell'impianto d'illuminazione presente nel progetto.



Figure 2. Esempio lampada per illuminazione SOV

9. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ELETTRICO

9.1 Criteri di calcolo delle correnti di corto circuito

I conduttori elettrici di un circuito devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione, quando in un punto qualunque del circuito elettrico si produce un corto circuito.

9.1.1 Corrente di corto circuito trifase simmetrica

$$I''_K = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_T + R_{L1} + R_{L2})^2 + (X_T + X_{L1} + X_{L2})^2}} + I_M + I_G$$

dove:

- I''_K = corrente di corto circuito trifase simmetrica (A)
- U = tensione concatenata (V)
- R_T = resistenza equivalente del trasformatore (Ω)
- R_{L1} = resistenza della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{L2} = resistenza della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- X_T = reattanza equivalente del trasformatore (Ω)
- X_{L1} = reattanza della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT (Ω)

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

- XL2 = reattanza della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro (Ω)
- IM = contributo degli eventuali motori equivalenti alla corrente di corto circuito (A)
- IG = contributo dell'eventuale generatore equivalente alla corrente di corto circuito (A)

9.1.2 Corrente di corto circuito monofase

$$I''_K = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_T + R_{F1} + R_{N1} + R_{F2} + R_{N2})^2 + (X_T + X_{F1} + X_{N1} + X_{F2} + X_{N2})^2}}$$

dove:

- I''_{K1} = corrente di corto circuito monofase (A)
- U = tensione concatenata (V)
- R_T = resistenza equivalente del trasformatore (Ω)
- R_{F1} = resistenza di fase della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{N1} = resistenza di neutro della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{F2} = resistenza di fase della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- R_{N2} = resistenza di neutro della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro alla massima temperatura di esercizio (Ω)
- X_T = reattanza equivalente del trasformatore (Ω)
- X_{F1} = reattanza di fase della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT (Ω)
- X_{N1} = reattanza di neutro della linea di collegamento tra il trasformatore ed il quadro generale BT (Ω)
- X_{F2} = reattanza di fase della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro (Ω)
- X_{N2} = reattanza di neutro della linea di collegamento tra il quadro generale BT ed il sottoquadro (Ω)

9.2 Criteri di dimensionamento dei conduttori BT

9.2.1 Portata del conduttore interrato

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

$$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

dove:

- I_z = portata nominale nelle reali condizioni di posa (A)
- I_0 = portata ordinaria cavo interrato a 20°C (valori indicati nella tabella I della norma CEI 35026) (A)
- K_1 = fattore per temperature del terreno diverse da 20°C (tabella II delle norme CEI 35026)
- K_2 = fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano (tabelle III della norma CEI 35026)
- K_3 = fattore di correzione per profondità di interramento diverso dal valore specificato nella norma CEI 35026 art. 2.6 Tabella IV
- K_4 = fattore di correzione per resistività termica diversa dal valore specificato nella norma CEI 35026 art. 2.7 Tabella V

Nel calcolo della portata si presuppone che:

- solo i cavi attivi producono riscaldamento e le linee si considerano equilibrate;
- con carichi squilibrati si debba studiare la fase più caricata e verificare la tenuta del neutro, soprattutto in presenza di armoniche;
- la temperatura del terreno sia di 20°C.
- profondità di posa 0,8m ($K_3=1$)
- resistività terreno 1 K m/W ($K_4=1$)

9.2.2 Portata del conduttore non interrato

$$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2$$

dove:

- I_z = portata nominale nelle reali condizioni di posa (A)
- I_0 = portata in base alla posa incassata o in aria e con temperatura 30°C (valori indicati nelle tabelle I e II delle norme CEI 35024) (A)
- K_1 = fattore per temperature diverse da 30°C (tabella III delle norme CEI 35024)
- K_2 = fattore di posa a fascio o strati, supporti (tabelle IV, V e VI delle norme CEI 35024)

Nel calcolo della portata si presuppone che:

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

- solo i cavi attivi producono riscaldamento e le linee si considerano equilibrate;
- con carichi squilibrati si debba studiare la fase più caricata e verificare la tenuta del neutro, soprattutto in presenza di armoniche;
- la temperatura ambiente sia di 30°C.

9.2.3 Scelta della sezione del conduttore

La scelta della sezione del conduttore verrà eseguita partendo dal valore risultante dai calcoli e utilizzando conduttori con sezioni idonee presenti sul mercato.

9.2.4 Caduta di tensione

La caduta di tensione fra l'origine di un impianto e qualunque apparecchio utilizzatore sarà contenuta entro il 4% riferita al valore della Un dell'impianto. Cadute di tensione più elevate saranno ammesse solo per motori alla messa in servizio o per altri componenti elettrici che richiedono assorbimenti più elevati, purché le variazioni di tensione restino entro i limiti indicati nelle relative Norme CEI.

$$\Delta U = k \times I_b \times L(R' \cos \varphi + X' \sin \varphi)$$

dove:

- ΔU = caduta di tensione (V/km o mV/m)
- I_b = corrente assorbita dal carico (A)
- K = coefficiente (1,73 per linee trifasi e 2 per linee monofasi)
- R' = resistenza per fase alla temperatura di regime (Ω/km o $\text{m}\Omega/\text{m}$)
- X' = reattanza di fase a 50 Hz (Ω/km o $\text{m}\Omega/\text{m}$)
- $\cos \phi$ = fattore di potenza del carico
- L = lunghezza della linea (km o m)

da cui in percentuale:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \times 100$$

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.2.5 Verifica della protezione contro i sovraccarichi

I conduttori attivi di un circuito elettrico devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione quando si produce sovracorrente (sovraccarico o corto circuito). La protezione contro i sovraccarichi e i corto circuiti può essere assicurata sia in modo separato, con dispositivi distinti, sia in modo unico con dispositivi che assicurano entrambe le protezioni. In ogni caso essi devono essere tra loro coordinati.

Per assicurare la protezione il dispositivo deve:

- interrompere sia la corrente di sovraccarico sia quella di corto circuito, interrompendo, nel secondo caso, tutte le correnti di corto circuito che si presentano in un punto qualsiasi del circuito, prima che esse provochino nel conduttore un riscaldamento tale da danneggiare l'isolamento;
- essere installato in generale all'origine di ogni circuito e di tutte le derivazioni aventi portate differenti (diverse sezioni dei conduttori, diverse condizioni di posa e ambientali, nonché un diverso tipo di isolamento del conduttore).

Secondo la Norma CEI 64-8 le sezioni minime dei conduttori devono essere tali da resistere alle sollecitazioni meccaniche e, in caso di guasto, non devono raggiungere temperature pericolose sia per l'ambiente circostante, sia per la buona conservazione dei conduttori stessi e delle relative giunzioni.

Per la protezione dei conduttori contro le sovracorrenti si dovranno coordinare gli stessi con i dispositivi di protezione in modo da soddisfare le seguenti relazioni:

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

dove:

- I_z = portata massima del conduttore secondo le condizioni di posa (A)
- I_f = corrente convenzionale di funzionamento dell'interruttore (A)
- I_n = corrente nominale o di taratura dell'interruttore (A)
- I_b = corrente di impiego dell'utilizzatore (A)

Dalle condizioni di coordinamento sopra citate, ne consegue che il conduttore non risulta protetto se il sovraccarico è compreso tra I_z e I_f in quanto esso può permanere a lungo senza provocare l'intervento della protezione. Ciò può essere evitato fissando il valore di I_b in modo che I_z non venga superato frequentemente.

9.2.6 Condizioni di corto circuito

Per quanto concerne le condizioni di corto circuito, il dispositivo di protezione:

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

- può essere installato lungo la conduttura ad una distanza dall'origine non superiore a 3 m, purché questo tratto sia rinforzato in modo da ridurre al minimo il rischio di corto circuito;
- non deve essere posto vicino a materiale combustibile o in luoghi con pericolo di esplosione;
- deve avere un potere di interruzione non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto in cui è installato. È ammesso tuttavia l'impiego di un dispositivo di protezione con un potere di interruzione inferiore se a monte è installato un altro dispositivo che abbia il necessario potere di interruzione (protezione di sostegno o back-up). In questo caso l'energia specifica (I^2t) lasciata passare dal dispositivo a monte non deve superare quella (I^2t) che può essere ammessa senza danni dal dispositivo o dalle condutture situate a valle;
- deve intervenire in un tempo inferiore a quello che farebbe superare al conduttore la massima temperatura ammessa.

Deve cioè essere verificata, qualunque sia il punto della conduttura interessata al corto circuito, la condizione:

$$(I^2t) \leq K^2 \cdot S^2$$

dove:

- I^2t = integrale di Joule o energia specifica lasciata passare, dal dispositivo di protezione, per la durata del corto circuito (A^2s);
- K = fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento che, per una durata di corto circuito non superiore a 5 s, è pari a:
 - 115 per conduttori in Cu isolati con PVC
 - 135 per conduttori in Cu isolati con gomma ordinaria o gomma butilica
 - 143 per conduttori in Cu isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato
 - 74 per conduttori in Al isolati con PVC
 - 87 per conduttori in Al isolati con gomma ordinaria, gomma butilica, gomma etilenpropilenica o propilene reticolato
 - 115 corrispondente ad una temperatura di 160°C per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in Cu
- S = sezione del conduttore (mmq)

Per corto circuiti di durata non superiore a 5 s, il tempo necessario affinché una data corrente di corto circuito porti in condizioni di servizio ordinario un conduttore alla temperatura limite, può essere calcolato in prima approssimazione con la formula (derivata dalla precedente):

$$\sqrt{t} = \frac{K \times S}{I}$$

t = tempo di intervento del dispositivo di protezione assunto < 5 s

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.3 Dimensionamento degli interruttori automatici

9.3.1 Interruttore generale di impianto

9.3.1.1 Corrente nominale

$$I_n \leq I_z$$

$$I_n \geq 1.3I_t$$

dove:

- I_n = corrente nominale dell'interruttore (A);
- I_z = corrente nominale del cavo delle reali condizioni di posa (A);
- I_r = corrente nominale secondaria del trasformatore (A).

9.3.1.2 Relè Termico

$$I_{te} \leq 1.1I_r$$

dove:

- I_{te} = corrente di taratura del relè termico (A);
- I_r = corrente nominale secondaria del trasformatore (A).

9.3.1.3 Relè Magnetico

$$I_m < I_{ccmin}$$

$$t = 0.2s$$

dove:

- I_m = corrente di taratura del relè magnetico (A);
- I_{ccmin} = corrente di corto circuito minima (A);
- t = tempo di ritardo (s).

9.3.1.4 Potere di interruzione

$$P_i > I_{ccmax}$$

dove:

- P_i = potere di interruzione (A);
- I_{ccmax} = corrente di corto circuito massima (A).

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.3.2 Interruttori magnetotermici

9.3.2.1 Corrente nominale

$$I_n \leq I_z$$

$$I_n = I_b \times (a \times T_a \times b)$$

dove:

- I_n = corrente nominale dell'interruttore (A)
- I_z = corrente nominale del cavo delle reali condizioni di posa (A);
- I_b = corrente nominale assorbita dal carico (A);
- T_a = temperatura dell'ambiente di posa dell'interruttore (°C);
- a, b = coefficienti numeri per riportare la corrente di funzionamento dell'interruttore alla temperatura di riferimento.

9.3.2.2 Relè Termico

$$I_{te} \leq 1.1 I_r$$

dove:

- I_{te} = corrente di taratura del relè termico (A);
- I_r = corrente nominale secondaria del trasformatore (A).

9.3.2.3 Relè Magnetico

$$I_m < I_{ccmin}$$

$$t = 0.2s$$

dove:

- I_m = corrente di taratura del relè magnetico (A);
- I_{ccmin} = corrente di corto circuito minima (A);
- t = tempo di ritardo (s).

9.3.2.4 Potere di interruzione

$$P_i > I_{ccmax}$$

dove:

- P_i = potere di interruzione (A);
- I_{ccmax} = corrente di corto circuito massima (A).

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.4 Protezione contro i contatti diretti e indiretti

La definizione di contatti diretti e indiretti è così definita:

- Si verifica un contatto diretto quando si entra in contatto con una parte attiva dell'impianto e cioè con conduttori che sono normalmente in tensione, ad esempio i conduttori di una linea elettrica compreso il neutro ma escluso il conduttore PEN. Il contatto diretto può avvenire anche tramite una parte conduttrice purché non sia una massa o in contatto con una massa. (CEI 64-8 art. 23-5)
- Un contatto indiretto è il contatto di una persona con una massa o con una parte conduttrice a contatto con una massa durante un guasto all'isolamento (ad esempio la carcassa di un elettrodomestico). Mentre ci si può difendere dal contatto diretto, mantenendosi a distanza dal pericolo visibile, nel contatto indiretto, essendo un pericolo invisibile, ci si può difendere solo con un adeguato sistema di protezione (CEI 64-8 art 23-6).

Il dispositivo di protezione a corrente differenziale con I_{dn} non superiore a 30 mA è riconosciuto dalla norma CEI 64-8 (4-5) come protezione aggiuntiva contro i contatti diretti in aggiunta ai seguenti criteri di protezioni:

- isolamento delle parti attive;
- involucri (grado di protezione) e barriere;
- ostacoli;
- distanziamento.

Tale protezione aggiuntiva è richiesta anche per i circuiti che alimentano prese a spina:

- con corrente nominale non superiore a 20 A nei locali ad uso abitativo;
- con corrente nominale non superiore a 32 A destinati ad alimentare apparecchi utilizzatori mobili usati all'esterno.

Le misure che si adotteranno per proteggere le persone contro i pericoli derivanti da contatti con parti attive saranno del tipo definito dalle Norme CEI "a protezione totale", in particolare:

- tutte le parti attive saranno adeguatamente isolate;
- l'isolamento potrà essere rimosso solo mediante distruzione;
- l'isolamento dei quadri elettrici soddisferà le relative Norme.

Come misura aggiuntiva e per la protezione dai contatti indiretti, si impiegheranno interruttori dotati di dispositivo differenziale per la protezione delle linee elettriche in partenza dal quadro elettrico.

Gli apparecchi di protezione differenziale permettono di:

- prevenire gli incendi provocati da un eventuale guasto d'isolamento al circuito elettrico
- garantire la sicurezza delle persone contro le scosse elettriche (contatti diretti o indiretti)

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

La scelta degli apparecchi di protezione deve essere ottimizzata per garantire una sicurezza totale insieme alla continuità di servizio.

La scelta della sensibilità della protezione può essere suddivisa in:

- per assicurare una protezione solo contro gli incendi: 300 mA.
- per assicurare una protezione dai contatti diretti: 30 mA.

La corrente nominale deve essere superiore o uguale all'intensità totale del circuito e deve essere sempre superiore o uguale al calibro dell'interruttore a monte.

In caso di circuito a 2 livelli di protezione differenziale, si può mantenere una corretta continuità di servizio utilizzando uno dei seguenti accorgimenti:

- una protezione differenziale a monte temporizzata con una sensibilità superiore o pari a 3 volte quella della protezione a valle (esempio 100 o 300 mA di tipo S),
- uno o più dispositivi differenziali istantanei da 30 mA a valle.

I carichi elettronici protetti da interruttore differenziale possono provocare l'apertura di circuito a causa di corrente armoniche o ad alta frequenza (alimentatore elettronico o simili) quindi è possibile utilizzare differenziali di tipo SI (super immunizzati) che tollerano queste correnti.

E' possibile omettere la protezione differenziale se le apparecchiature alimentate sono di classe II o superiore. In relazione al sistema di protezione adottato contro i contatti indiretti i componenti elettrici si suddividono nelle seguenti classi d'isolamento:

- Componenti di Classe 0 - sono dotati soltanto di isolamento principale e l'involucro metallico è sprovvisto di morsetto per il collegamento di messa a terra. Devono essere allacciati solo a sistemi di Categoria 0 o a sistemi di categoria I isolati da terra (separazione elettrica) o installati in locali isolanti e non possono essere installati negli impianti per edifici civili o similari;
- Componenti di classe I - sono provvisti di isolamento principale e gli involucri sono muniti di morsetto per la messa a terra. Sono utilizzabili in tutti i sistemi (TN, TT, IT) di categoria 0 e I ;
- Componenti di Classe II - sono provvisti di isolamento supplementare e sono privi di morsetto di messa a terra. La messa a terra non è necessaria (potrebbe addirittura essere controproducente per la sicurezza) in quanto gli eventuali involucri metallici esterni sono separati dalle parti attive interne da un isolamento doppio o rinforzato. Vengono impiegati, solo nei sistemi elettrici di I categoria, in alternativa a quelli di classe I quando non sia possibile attuare il collegamento a terra delle masse o quando si ritenga poco sicuro tale collegamento;
- Componenti di classe III - le parti in tensione possono essere scoperte poiché la protezione contro i contatti indiretti è assicurata dal tipo di alimentazione a bassissima tensione di sicurezza. Non sono dotati di morsetto per la messa a terra.

Le protezioni dai contatti indiretti dovranno essere coordinate con l'impianto di terra.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.5 Impianto di terra

Tutte le apparecchiature utilizzate per l'impianto d'illuminazione (apparecchi illuminanti, morsettiere) hanno una classe di isolamento II quindi non necessitano del collegamento all'impianto di terra. Come descritto in precedenza, i componenti in classe II sono provvisti di isolamento supplementare e sono privi di morsetto di messa a terra. La messa a terra non è necessaria (potrebbe addirittura essere controproducente per la sicurezza) in quanto gli eventuali involucri metallici esterni sono separati dalle parti attive interne da un isolamento doppio o rinforzato.

La presenza di scaricatori di tensione nei quadri elettrici e la presenza di due quadri implica la formazione di un impianto di terra per il collegamento degli SPD e per la protezione dai contatti indiretti che si possono verificare nei pressi del quadro elettrico. (carpenteria in metallo) L'impianto di terra sarà composto da una corda di rame nuda con sezione 35mm² posata nello stesso scavo predisposto per l'impianto d'illuminazione nel tratto interessato e saranno posizionati anche dei dispersori di profondità con altezza 150cm in modo da ampliare l'impianto. L'impianto di terra sarà a servizio anche dei sottopassi per la protezione dai contatti indiretti di eventuali apparecchiature non in classe d'isolamento II.

L'impianto di terra nel caso in oggetto è costituito da:

- dispersore
- conduttore di terra
- collettore (o nodo) principale di terra
- conduttori di protezione
- conduttori equipotenziali

9.5.1 Dispersore

Il dispersore o impianto di terra primario è definito ai sensi della Norma CEI 99-2, 99-3 e CEI 64-8 insieme di conduttori in contatto elettrico diretto con il terreno o annegati nel calcestruzzo a contatto con il terreno.

Il dispersore è necessario per disperdere le correnti verso terra e verrà integrato con il collegamento ai ferri delle armature di fondazione della cabina. Per evitare variazioni del valore della resistenza di terra nel tempo a causa di gelate del terreno, è prevista una profondità di installazione di almeno 0,5m dal piano di campagna. Le giunzioni fra i diversi elementi del dispersore e fra il dispersore ed il conduttore di terra devono essere effettuate con saldatura forte o autogena oppure con robusti morsetto o manicotto purché assicurino un contatto equivalente; le giunzioni devono inoltre essere protette contro la corrosione.

9.5.2 Condutture di terra

Si definisce conduttore di terra il conduttore che collega il dispersore al collettore (o nodo) principale di terra. Ai sensi della Norma CEI 64-8 il conduttore di terra è definito il conduttore, non in contatto col terreno, che collega il collettore (o nodo) al dispersore oppure conduttore, non in contatto col terreno, che collega tra loro due dispersori. Il conduttore di terra può collegare anche due dispersori ma in questo caso non è considerato dispersore in quanto è formato da un cavo isolato. Il conduttore di terra deve essere eseguito secondo quanto previsto dal progetto ed è costituito da un conduttore di rame isolato con guaina bicolore giallo-verde.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.5.3 Collettore (o nodo) principale di terra

Il collettore principale di terra, ai sensi della Norma CEI 64-8, è l'elemento a cui fanno capo i diversi conduttori di protezione, i conduttori equipotenziali principali, i conduttori di terra ed i conduttori di terra funzionali. Il collettore di terra è collegato al dispersore con uno o più conduttori di terra.

Il collettore (o nodo) principale di terra previsto nell'impianto di cui in oggetto è formato da (una sbarra in metallo) a cui vanno collegati il conduttore di terra ed i vari conduttori di protezione, conduttori equipotenziali principali.

9.5.4 Conduttori di protezione

I conduttori di protezione, ai sensi della Norma CEI 99-2, 99-3 e CEI 64-8, sono conduttori che collegano le masse di apparecchiature ad un collettore di terra ai fini della protezione contro i contatti indiretti. In breve i conduttori di protezione collegano il o i collettori (o nodi) principali di terra alle masse.

Per i conduttori di protezione, secondo quanto previsto dalle Norme CEI 64-8 possono essere usati: anime di cavi multipolari, conduttori nudi, cavi unipolari, armature dei cavi elettrici, tubi protettivi metallici, canalette metalliche, masse estranee con caratteristiche adeguate.

I conduttori di protezione devono essere ispezionabili ed affidabili nel tempo, protetti contro qualsiasi danneggiamento meccanico, da corrosione, ecc., che ne alteri le caratteristiche, non devono avere inseriti dispositivi di interruzione salvo che sul collettore (o nodo) principale di terra per poter eseguire le misure.

9.5.5 Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali sono i conduttori che collegano le masse e/o masse estranee per assicurare le equipotenzialità. Ai sensi della Norma CEI 99-3 e CEI 64-8 sono definiti conduttore di protezione che mette diverse masse e masse estranee al medesimo potenziale (funzione di collegamento equipotenziale).

9.5.6 Verifica analitica

È possibile fare una verifica analitica di coordinamento tra la protezione differenziale presente nel progetto e l'impianto di terra, ipotizzando un dispersore di terra orizzontale di lunghezza pari a 1100m.

Il valore (I_a) della corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione è determinato dalla massima corrente differenziale di intervento delle protezioni, si è quindi adottato il valore $I_{dmax}=0,3$.

Il valore massimo della tensione totale di terra consentito dalle vigenti norme nel caso specifico è $U_t=50V$.

Da questi parametri è possibile determinare il valore massimo accettabile della resistenza di terra

$$R_t = U_t / I_a \quad 50 / 0,03 = 1666,67 \, \Omega$$

La resistività del terreno vale per terreno ghiaioso (prudenzialmente scelto come terreno di reinterro del dispersore) $500 \, \Omega \, m$ ($\rho \, m$) . Per il calcolo approssimato della resistenza di terra ottenibile con un

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

dispersore orizzontale, si può applicare la formula $R_d = 2 \text{ pm} / L$ dove L è la lunghezza dell'elemento a contatto col terreno (CEI 64-12). (dispersore orizzontale)

Nel caso in oggetto, il valore di R_d (resistenza del dispersore previsto) vale $2 * 500 / 100 = 10 \Omega$.

Senza considerare l'apporto dovuto ai dispersori verticali presenti nell'impianto di terra e al collegamento ai ferri di armatura delle fondazioni, si è già raggiunta la condizione per cui $R_d \leq R_t$, quindi l'impianto di dispersione a terra è coordinato con gli interruttori di protezione previsti.

9.6 Selettività interruttori

In un impianto elettrico la distribuzione viene effettuata tramite dispositivi di protezione, sezionamento e comando installati in serie tra di loro per una migliore gestione dell'energia. In una distribuzione radiale l'obiettivo primario della selettività è quello di separare dalla rete elettrica le sole partenze soggette a guasto ed ottenere il massimo livello di continuità di servizio.

Le principali alterazioni che possono interessare una rete elettrica di bassa tensione sono:

- sovraccarico;
- cortocircuito;
- guasto verso terra.

Se la scelta e il coordinamento dei dispositivi di protezione installati non è corretto si verifica l'apertura ingiustificata degli interruttori a monte rispetto al punto di guasto. Il livello di selettività di una rete elettrica può essere suddiviso in due modi:

- selettività totale: il coordinamento si dice totalmente selettivo se, per tutte le correnti di guasto, apre solo e soltanto l'interruttore installato subito a monte del guasto;
- selettività parziale: il coordinamento si dice parzialmente selettivo se la condizione sopra riportata viene verificata solo fino ad un certo valore di corrente I_s (detto limite di selettività) e per correnti superiore a tali valori gli interruttori installati subito a monte del guasto e quelli a monte di quest'ultimo (ad esempio l'interruttore generale) aprono simultaneamente.

Il sovraccarico viene solitamente considerato come una sovracorrente di intensità compresa tra 1,1 e 10 volte la corrente di impiego della conduttura. I guasti che danno origine a correnti superiori a tale valore sono considerati cortocircuiti e quindi devono essere eliminati nel più breve tempo possibile.

9.6.1 Situazione di sovraccarico

Il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi ha una curva di sgancio generalmente a tempo inverso al fine di meglio adattarsi alla caratteristica di sovraccaricabilità del cavo e del carico. Il metodo normalmente utilizzato per verificare la selettività in sovraccarico consiste nel riportare su scala bilogaritmica le caratteristiche di funzionamento delle protezioni installate in serie. La selettività è assicurata se il tempo di non intervento del dispositivo a monte è superiore al tempo massimo di interruzione del dispositivo a valle per qualunque corrente di sovraccarico. Questa condizione è sempre verificata in pratica se il rapporto tra le correnti nominali o di regolazione del dispositivo a monte e del dispositivo a valle è superiore a 1,6.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.6.2 Situazione di cortocircuito

Le tecniche che permettono di realizzare la selettività in cortocircuito si basano sull'utilizzo di interruttori e/o sganciatori di tipo e di regolazione diversa e si possono identificare come segue:

- selettività amperometrica: basata sulla differenziazione delle soglie di intervento istantanee o di corto ritardo degli interruttori installati in serie;
- selettività cronometrica: si ottiene differenziando i tempi di intervento dei dispositivi di protezione e rispettando comunque un rapporto tra le correnti di intervento istantaneo (o di corto ritardo) dei due dispositivi non inferiore a 1,5 come richiesto anche per la selettività amperometrica;
- selettività energetica: per ottenere la selettività energetica non si confrontano le curve di intervento corrente-tempo dei dispositivi installati in serie, ma la curva dell'energia specifica lasciata passare dall'interruttore a valle e la curva dell'energia di non intervento dell'interruttore a monte quindi, per avere selettività energetica queste due curve non devono avere punti di intersezione. Considerando due interruttori aventi sganciatori per i quali non è possibile impostare un tempo di ritardo all'intervento, la selettività energetica può consentire di ottenere un limite di selettività che va oltre il valore della soglia magnetica dell'interruttore a monte, ma ciò è dovuto all'impiego di un interruttore limitatore a valle
- selettività logica: la selettività logica è utilizzata per limitare gli effetti elettrodinamici sull'installazione riducendo i tempi di eliminazione del guasto. In questo caso gli interruttori sono collegati tra loro con un bus all'unità di controllo con opzione selettività logica in grado di gestire i guasti L'unità di controllo che rileva un guasto emette un segnale verso monte e verifica la presenza di un segnale proveniente da un interruttore a valle. Nel caso di presenza di un segnale da valle, l'interruttore resterà chiuso rispettando la temporizzazione. Nel caso contrario invece, l'interruttore aprirà immediatamente il circuito qualunque sia la temporizzazione impostata

Queste tecniche possono essere applicate, nello stesso impianto, sia singolarmente sia in combinazione e il coordinamento selettivo va verificato sia in sovraccarico che in cortocircuito.

9.6.3 Selettività differenziale

La selettività in caso di guasto verso terra è altrettanto importante della selettività in sovraccarico e in cortocircuito. Nel caso si abbiano due dispositivi differenziali in serie, devono essere rispettate entrambe le seguenti condizioni:

- la soglia di intervento differenziale del dispositivo a monte deve essere maggiore o al limite uguale a 2 volte la soglia del dispositivo a valle;
- il ritardo intenzionale del dispositivo a monte deve essere maggiore o al limite uguale al tempo totale di apertura del dispositivo a valle.

La protezione contro i guasti verso terra a monte è delegata alla protezione contro le sovracorrenti (sistemi TN), l'eventuale dispositivo differenziale installato a valle dovrà avere una caratteristica (soglia e tempo di intervento) inferiore a quella del dispositivo magnetotermico.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IMPIANTI ELETTRICI Relazione tecnica e di calcolo impianto elettrico	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO IP	PROGRESSIVO 100	REV. r00

9.6.4 Conclusioni

Nel progetto proposto sono stati utilizzati interruttori modulari quindi la selettività è di tipo amperometrica, garantita soltanto dalla soglia magnetica. Questo valore si ottiene se tra le due correnti nominali degli interruttori in serie è rispettato il seguente rapporto:

$$I_n \text{ a monte} / I_n \text{ a valle} \geq 1.6$$

Nel progetto è stato scelto di fare una selettività di tipo totale in quanto per qualsiasi valore di corrente si apre l'interruttore più vicino al guasto. Anche la selettività differenziale è garantita dalle caratteristiche dei differenziali scelti, come riportato negli schemi elettrici. (interruttore generale $I_d=1A$ e gli interruttori a valle con $I_d=0,3A$ o $I_d=0,03A$)

10. CALCOLI E VERIFICHE DEL QUADRO ELETTRICO IN PROGETTO

In allegato di riporta il report di calcolo delle linee elettriche presenti in progetto.

QUADRO ILLUMINAZIONE PUBBLICA INTERSEZIONE 1 S.P.6

Circuito: **GENERALE**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I _k massima presunta	6	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla	Arrivo BT	
Sezione	---	[mm ²]
Lunghezza	---	[m]
Modalità di posa	---	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca		
Numero di poli	2 x 16	
Corrente nominale	16	[A]
Potere di interruzione	6	[kA]
Corrente differenziale	---	[A]
I di intervento protezione	---	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I _k max fondo linea	4 240	[A]
I _{gt} fase - protezione fondo linea	---	[A]
I ² t max inizio linea / K ² S ² fase.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² neutro.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² protezione...	---/---	[A ² s]
Corrente di impiego I _b	1,831	[A]
Corrente regolata I _r	16	[A]
Portata del cavo I _z	---	[A]
Corrente di funzionamento I _f	15	[A]
Valore di 1,45 I _z	---	[A]
Caduta di tensione con I _b	0,02	[%]
Lunghezza max protetta	---	[m]

Considerazioni finali

- ☐ E' verificata la condizione I_k ≤ P.d.i.
- ☐ La tensione dell'apparecchiatura è idonea alla tensione del sistema
- ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **Spie presenza rete**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I_k massima presunta	4,24	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	---	[mm ²]
Lunghezza	---	[m]
Modalità di posa	---	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca		
Numero di poli	2 x 10	
Corrente nominale	10	[A]
Potere di interruzione	4,5	[kA]
Corrente differenziale	0,03 - Cl. A	[A]
I di intervento protezione	0,03	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I_k max fondo linea	3 185	[A]
I_{gt} fase - protezione fondo linea	5	[A]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 fase.....	---/---	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 neutro.....	---/---	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 protezione...	---/---	[A ² s]
Corrente di impiego I_b	0	[A]
Corrente regolata I_r	10	[A]
Portata del cavo I_z	---	[A]
Corrente di funzionamento I_f	15	[A]
Valore di 1,45 I_z	---	[A]
Caduta di tensione con I_b	0,02	[%]
Lunghezza max protetta	---	[m]

Considerazioni finali

- ☐ E' verificata la condizione $I_k \leq P.d.i.$
 - ☐ La tensione dell'apparecchiatura è idonea alla tensione del sistema
 - ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
 - ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- Cavo non presente

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **SPD**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I_k massima presunta	4,24	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	---	[mm ²]
Lunghezza	---	[m]
Modalità di posa	---	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca	1,4kV	
Numero di poli	2 x 16	
Corrente nominale	16	[A]
Potere di interruzione	6	[kA]
Corrente differenziale	---	[A]
I di intervento protezione	90	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I_k max fondo linea	3 964	[A]
I_{gt} fase - protezione fondo linea	5	[A]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 fase.....	---/---	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 neutro.....	---/---	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 protezione...	---/---	[A ² s]
Corrente di impiego I_b	0	[A]
Corrente regolata I_r	16	[A]
Portata del cavo I_z	---	[A]
Corrente di funzionamento I_f	25	[A]
Valore di 1,45 I_z	---	[A]
Caduta di tensione con I_b	0,02	[%]
Lunghezza max protetta	---	[m]

Considerazioni finali

- ☐ E' verificata la condizione $I_k \leq P.d.i.$
 - ☐ La tensione dell'apparecchiatura è idonea alla tensione del sistema
 - ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
 - ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- Cavo non presente

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **Orologio Ausiliari quadro**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I _k massima presunta	4,24	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	---	[mm ²]
Lunghezza	---	[m]
Modalità di posa	---	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca		
Numero di poli	2 x 10	
Corrente nominale	10	[A]
Potere di interruzione	4,5	[kA]
Corrente differenziale	0,03 - Cl. A	[A]
I di intervento protezione	0,03	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I _k max fondo linea	3 185	[A]
I _{gt} fase - protezione fondo linea	5	[A]
I ² t max inizio linea / K ² S ² fase.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² neutro.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² protezione...	---/---	[A ² s]
Corrente di impiego I _b	0	[A]
Corrente regolata I _r	10	[A]
Portata del cavo I _z	---	[A]
Corrente di funzionamento I _f	15	[A]
Valore di 1,45 I _z	---	[A]
Caduta di tensione con I _b	0,02	[%]
Lunghezza max protetta	---	[m]

Considerazioni finali

- ☐ E' verificata la condizione I_k <= P.d.i.
 - ☐ La tensione dell'apparecchiatura è idonea alla tensione del sistema
 - ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
 - ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- Cavo non presente

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **Ausiliari quadro**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I_k massima presunta	3,18	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	2(1x1,5)+(1PE1,5)	[mm ²]
Lunghezza	1	[m]
Modalità di posa	115/A1__1/30/0,8	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca	-----	
Numero di poli	---	
Corrente nominale	---	[A]
Potere di interruzione	---	[kA]
Corrente differenziale	0,03	[A]
I di intervento protezione	0,03	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I_k max fondo linea	2 362	[A]
I_{gt} fase - protezione fondo linea	4,99	[A]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 fase.....	5 254/29 756	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 neutro.....	5 254/29 756	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 protezione...	0/46 010	[A ² s]
Corrente di impiego I_b	0	[A]
Corrente regolata I_r	10	[A]
Portata del cavo I_z	12	[A]
Corrente di funzionamento I_f	15	[A]
Valore di 1,45 I_z	17	[A]
Caduta di tensione con I_b	0,02	[%]
Lunghezza max protetta	83 300	[m]

Considerazioni finali

- ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
- ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- ☐ E' verificata la condizione $I_b \leq I_n \leq I_z$
- ☐ E' verificata la condizione $I^2t \leq K^2S^2$

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **Orologio astronomico**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I _k massima presunta	3,18	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	---	[mm ²]
Lunghezza	---	[m]
Modalità di posa	---	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca	-----	
Numero di poli	---	
Corrente nominale	---	[A]
Potere di interruzione	---	[kA]
Corrente differenziale	0,03	[A]
I di intervento protezione	0,03	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I _k max fondo linea	3 185	[A]
I _{gt} fase - protezione fondo linea	5	[A]
I ² t max inizio linea / K ² S ² fase.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² neutro.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² protezione...	---/---	[A ² s]
Corrente di impiego I _b	0	[A]
Corrente regolata I _r	10	[A]
Portata del cavo I _z	---	[A]
Corrente di funzionamento I _f	15	[A]
Valore di 1,45 I _z	---	[A]
Caduta di tensione con I _b	0,02	[%]
Lunghezza max protetta	---	[m]

Considerazioni finali

- ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
- ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- Cavo non presente

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **Incrocio 1 - S.P.6**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I_k massima presunta	4,24	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	2x2.5	[mm ²]
Lunghezza	80	[m]
Modalità di posa	143/8M61_/30/0,744	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca		
Numero di poli	2 x 10	
Corrente nominale	10	[A]
Potere di interruzione	4,5	[kA]
Corrente differenziale	0,03 - Cl. A	[A]
I di intervento protezione	0,03	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I_k max fondo linea	172	[A]
I_{gt} fase - protezione fondo linea	4,56	[A]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 fase.....	5 254/127 806	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 neutro.....	5 254/127 806	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 protezione...	0/127 806	[A ² s]
Corrente di impiego I_b	1,373	[A]
Corrente regolata I_r	10	[A]
Portata del cavo I_z	22	[A]
Corrente di funzionamento I_f	15	[A]
Valore di 1,45 I_z	32	[A]
Caduta di tensione con I_b	0,78	[%]
Lunghezza max protetta	422	[m]

Considerazioni finali

- ☐ E' verificata la condizione $I_k \leq P.d.i.$
- ☐ La tensione dell'apparecchiatura è idonea alla tensione del sistema
- ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
- ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- ☐ E' verificata la condizione $I_b \leq I_n \leq I_z$
- ☐ E' verificata la condizione $I^2t \leq K^2S^2$

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **Illuminazione SOV Ponte**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I_k massima presunta	4,24	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	3G4	[mm ²]
Lunghezza	600	[m]
Modalità di posa	143/8M61_/20/0,8	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca		
Numero di poli	2 x 10	
Corrente nominale	10	[A]
Potere di interruzione	4,5	[kA]
Corrente differenziale	0,03 - Cl. A	[A]
I di intervento protezione	0,03	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I_k max fondo linea	38	[A]
I_{gt} fase - protezione fondo linea	3,46	[A]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 fase.....	5 254/327 184	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 neutro.....	5 254/327 184	[A ² s]
I^2t max inizio linea / K^2S^2 protezione...	0/327 184	[A ² s]
Corrente di impiego I_b	0,458	[A]
Corrente regolata I_r	10	[A]
Portata del cavo I_z	31	[A]
Corrente di funzionamento I_f	15	[A]
Valore di 1,45 I_z	45	[A]
Caduta di tensione con I_b	1,14	[%]
Lunghezza max protetta	2 124	[m]

Considerazioni finali

- ☐ E' verificata la condizione $I_k \leq P.d.i.$
- ☐ La tensione dell'apparecchiatura è idonea alla tensione del sistema
- ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
- ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- ☐ E' verificata la condizione $I_b \leq I_n \leq I_z$
- ☐ E' verificata la condizione $I^2t \leq K^2S^2$

Scheda riepilogativa riguardante i dati del circuito :

Circuito: **Riserva**

Dati generali relativi al quadro "Quadro illuminazione pubblica" a cui è sottesa l'utenza considerata

Sistema di distribuzione in relazione allo stato del neutro	TT	
Tensione di esercizio nominale a vuoto	230	[V]
Corrente di cortocircuito I _k massima presunta	4,24	[kA]
Caduta di tensione percentuale massima ammissibile	4	[%]

Dati relativi al circuito di alimentazione dell'utenza

Sigla		
Sezione	---	[mm ²]
Lunghezza	---	[m]
Modalità di posa	---	

Dati relativi alla protezione

Tipo - Marca		
Numero di poli	2 x 10	
Corrente nominale	10	[A]
Potere di interruzione	4,5	[kA]
Corrente differenziale	0,03 - Cl. A	[A]
I di intervento protezione	0,03	[A]

Parametri elettrici relativi al circuito in considerazione

I _k max fondo linea	3 185	[A]
I _{gt} fase - protezione fondo linea	5	[A]
I ² t max inizio linea / K ² S ² fase.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² neutro.....	---/---	[A ² s]
I ² t max inizio linea / K ² S ² protezione...	---/---	[A ² s]
Corrente di impiego I _b	0	[A]
Corrente regolata I _r	10	[A]
Portata del cavo I _z	---	[A]
Corrente di funzionamento I _f	15	[A]
Valore di 1,45 I _z	---	[A]
Caduta di tensione con I _b	0,02	[%]
Lunghezza max protetta	---	[m]

Considerazioni finali

- ☐ E' verificata la condizione I_k <= P.d.i.
 - ☐ La tensione dell'apparecchiatura è idonea alla tensione del sistema
 - ☐ La caduta di tensione con I_b è minore di quella massima consentita
 - ☐ E' garantita la protezione contatti indiretti
- Cavo non presente