



**PARTENARIATO PUBBLICO-PRIVATO DI SERVIZI ENERGETICI PER LA
 GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE E DEGLI
 IMPIANTI SPECIALI, COMPRESIVA DELLA FORNITURA ELETTRICA,
 DELLA MANUTENZIONE NONCHÉ DELLA ESECUZIONE DI INTERVENTI
 DI MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA MEDIANTE IL
 RICORSO AL FINANZIAMENTO TRAMITE TERZI (F.T.T)
 DEL COMUNE DI EMPOLI
 CIG 7651661E65**

ELABORATI DESCRITTIVI

Relazione Tecnica di Calcolo

EMP_ES_06_d_I_RTC_002_00

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
 PROGETTO DEFINITIVO
 PROGETTO ESECUTIVO
 AS BUILT

PROGETTATO DA:

Citelum S.A.

SCALA: ✦

DATA: **Maggio 2020**

PROGETTISTA ILLUMINOTECNICO:

PROGETTISTA E COORDINATORE
DELLA PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA IMP. ELETTRICI:



REV. N°	DATA REVISIONE	DESCRIZIONE MODIFICHE:
04		
03		
02		
01		

Il presente elaborato è opera dell'ingegno e costituisce oggetto di diritto d'autore ex art. 2575 e segg. Cod. Civ. e L. 22/04/1941 n°633 e s.m.i. Ogni violazione (riproduzione dell'opera, anche parziale o per stralcio, limitazione, contraffazione, ecc.) sarà perseguita penalmente.
 In caso di richiesta di accesso agli atti, i presenti elaborati si intendono sottoposti alla disciplina e alle limitazioni di cui al D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. di cui alla legge 241/1990 e s.m.i. e a tutta la disciplina relativa agli Appalti Pubblici.


CITELUM S.A.
 Un Procuratore
 (Giovanni Roncan)

Sommario

1	PREMESSA	2
1.1	DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE DA REALIZZARE	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	PROGETTO ELETTRICO – CALCOLI SULLE RETI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA.....	7
3.1	GENERALITÀ.....	7
3.1.1	ALIMENTAZIONE ELETTRICA – DAL GRUPPO DI MISURA AL QE GENERALE	7
3.1.2	IMPIANTO DI TERRA.....	7
3.1.3	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	7
3.1.4	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	7
3.2	DIMENSIONAMENTO DEI NUOVI CIRCUITI	8
3.2.1	DIMENSIONAMENTO NUOVI CAVI.....	8
3.2.2	DIMENSIONAMENTO DEGLI ORGANI DI PROTEZIONE - PROTEZIONE DA SOVRACCARICO	9
3.2.3	DIMENSIONAMENTO DEGLI ORGANI DI PROTEZIONE - PROTEZIONE DA CORTOCIRCUITO	10
3.3	DIMENSIONAMENTO DELLE CANALIZZAZIONI.....	10

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo, verte sugli interventi previsti nell'ambito del "Partenariato pubblico-privato di servizi energetici per la gestione degli impianti di pubblica illuminazione e degli impianti speciali, comprensiva della fornitura elettrica, della manutenzione nonché della esecuzione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica mediante il ricorso al finanziamento tramite terzi (F.T.T) del Comune Di Empoli - CIG 7651661E65", che prevede i seguenti macro interventi:

- Sostituzione corpi illuminanti
- Sostituzione, modifica e accorpamento quadri elettrici
- Installazione apparecchiature di telecontrollo
- Nuovi impianti di illuminazione pubblica

Le opere devono essere eseguite in accordo con:

- alle norme tecniche progettuali vigenti;
- alle norme di sicurezza;
- alle norme relative allo smaltimento rifiuti;
- alle istruzioni della Direzioni Lavori.

I lavori e le attività richiamati nella presente specifica e la descrizione delle fasi operative associate si devono intendere esplicative e non limitative al fine di operare a perfetta regola d'arte.

Si intendono incluse nelle opere di cui sopra:

- fornitura di tutta la manodopera, i materiali e le attrezzature necessari ad eseguire le opere di realizzazione degli impianti;
- smantellamento di tutte le parti obsolete e movimentazione del materiale di risulta: carico, trasporto dello stesso e smaltimento.

1.1 DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE DA REALIZZARE

L'intervento consiste nella riqualificazione, nell'adeguamento e nell'ampliamento dell'impianto elettrico di illuminazione pubblica e verterà nelle seguenti opere:

- 1) Installazione di gruppo di misura dell'ente fornitore di ogni linea di distribuzione ubicato presso il quadro elettrico generale di impianto.
- 2) Inserimento di orologio astronomico su tutti i quadri elettrici che non verranno sostituiti
- 3) Installazione di un sistema di telecontrollo su alcuni quadri.

- 4) Modifica dei quadri elettrici esistenti non a norma saranno mediante l'inserimento di interruttore automatico differenziale dove non presente (con impianto non a doppio isolamento) e orologio astronomico.
- 5) Rimozione e/o sostituzione di alcuni quadri elettrici per messa a norma e/o per consentire l'accorpamento di più impianti.
- 6) Realizzazione di nuovi quadri e nuove forniture per nuovi impianti.
- 7) Realizzazione di nuovi impianti di IP con nuovi cavidotti, nuovi cavi, pozzetti, muffole, plinti, pali con morsettiere a doppio isolamento con fusibili, nuovi corpi illuminanti in doppio isolamento.
- 8) Potenziamento impianti speciali.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'esecuzione degli impianti di illuminazione pubblica deve rispondere di tutte le norme di legge e di regolamento vigenti con particolare riferimento per:

a) Disposizioni legislative di sicurezza

- D.Lgs n°81 del 09/04/08 Attuazione legge n°123 del 03/08/07 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro).
- D.Lgs n°106 del 03/08/09 Disposizioni integrative e correttive del D.Lgs n°81/08

b) Disposizioni legislative per l'impiantistica e gli appalti

- Legge n°186 del 01/03/68 Disposizioni concernenti la produzione di apparecchiature, materiali, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- Legge n°791 del 18/10/77 Attuazione delle direttive del consiglio della Comunità Europea (n°72/23/CEE) relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico.
- D.M. n°79 del 21/03/84 Approvazione delle norme tecniche per la progettazione e l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne.
- D.M. n°37 del 22/01/08 Riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- Supplemento n.333 del 18 ottobre 2017 della Gazzetta Ufficiale "Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di Sorgenti luminose per l'illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica".
- Gazzetta Ufficiale n.98 del 28 aprile 2018 "Criteri Ambientali Minimi per servizio di illuminazione pubblica."
- D.Lgs. n. 50/2016 del 18 aprile 2016, "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di

concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”;

- L. n.163/2006 “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;

c) Altre norme

- DPR n°495 del 16/12/92 Regolamento al nuovo codice della strada. D.M. n°186 del 21/06/04 Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego di barriere stradali di sicurezze e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale.
- Supplemento n.333 del 18 ottobre 2017 della Gazzetta Ufficiale "Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di Sorgenti luminose per l'illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica".
- Gazzetta Ufficiale n.98 del 28 aprile 2018 "Criteri Ambientali Minimi per servizio di illuminazione pubblica."
- D.Lgs. n. 50/2016 del 18 aprile 2016, "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”;
- L. n.163/2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;

d) Disposizioni locali

- Legge Regionale n°39/2005 Disposizioni in materia di energia.
- Attuazione D.G.R.T. n.815 del 27/08/2004 Linee Guida per la progettazione, esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna
- PUMS Piano Generale del Traffico Urbano (P.G.T.U.) approvato il 27/07/2006 delibera n.71 del Comune di Empoli.

e) Normative impianti elettrici CEI

- CEI 11-17 (1997) Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 11-27 (2005) Lavori su impianti elettrici.
- CEI 17-13/1 (2000) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 20-40 (1998) Guida per l'uso di cavi a bassa tensione.
- CEI 20-67 (2001) Guida per l'uso di cavi 0,6/1kV.

- CEI 23-3/1 (2004) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 23-42 (1999) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche o similari.
- CEI 23-44 (1999) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche o similari.
- CEI 23-46 (1997) Sistemi di canalizzazione per cavi. Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati.
- CEI 23-51 (2005) Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- CEI 32-1 (2000) Fusibili a tensione non superiore a 1000V per corrente alternata e 1500V per corrente continua. Prescrizioni generali.
- CEI 34-21 (2005) Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni generali e prove.
- CEI 34-30 (1999) Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni particolari. Proiettori.
- CEI 34-33 (2003) Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni particolari. Apparecchi per illuminazione stradale.
- CEI 34-63 (2000) Ausiliari per lampade. Prescrizioni generali e di sicurezza.
- CEI 34-64 (1998) Condensatori per uso in circuiti con lampade fluorescenti ed altre lampade a scarica.
- CEI 64-8 (2004) Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua:
- CEI 81-1 (1998) Protezione delle strutture contro i fulmini.
- CEI UNEL 00722 (2002) Identificazione delle anime dei cavi.
- CEI UNEL tab. 35024/1 Cavi elettrici - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 (2000) Cavi elettrici - Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

f) Normative illuminotecniche e meccaniche UNI

- UNI 11248 (2016) Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche.
- UNI 13201 (2016) Illuminazione stradale. - Requisiti prestazionali, Calcolo delle prestazioni, metodo
- UNI 11095 Luce e illuminazione - Illuminazione delle gallerie.
- UNI 10819 Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.
- UNI EN 40-2 Pali per illuminazione pubblica – Requisiti generali e dimensioni.
- UNI EN 40-5 Pali per illuminazione pubblica – Specifiche per pali per illuminazione pubblica di acciaio.
- UNI EN 40-6 Pali per illuminazione pubblica – Requisiti per pali per illuminazione pubblica di alluminio.

g) Guide e raccomandazioni

- ENEL/Federelettrica (1990): "Guida per l'esecuzione degli impianti di illuminazione pubblica"; CIE Pubblicazione n° 92 (1992): "Guide to the Lighting of urban areas";
- CIE Pubblicazione n° 115 (1995): "Recommendations for the Lighting of roads for motor and pedestrian traffic";
- CIE Pubblicazione TC 5.2 (1995): "Guide of limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installation";
- CIE Pubblicazione TC 4.21 (1997): "Guidelines for minimizing sky glow";
- AIDI (1993): "Raccomandazioni per l'illuminazione pubblica";
-

Dovranno inoltre essere rispettate, in quanto applicabili:

- norme tecniche o prescrizioni emesse da Enti e Società preposti quali AUSL, ARPA, Società Elettriche e di Telecomunicazioni, Ferrovie dello Stato, Soc. Aereoportuali, ecc.;
- disposizioni locali dei Vigili Urbani e di altri enti (ANAS, Regione, Provincia, Comuni, ecc.); norme e leggi sui campi elettromagnetici: D.C.P.M. 23 Aprile 1992, L.R. 31 Ottobre 2000 n. 30,
- l. 22 Febbraio 2001 n. 36.

3 PROGETTO ELETTRICO – CALCOLI SULLE RETI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA.

3.1 GENERALITÀ

3.1.1 ALIMENTAZIONE ELETTRICA – DAL GRUPPO DI MISURA AL QE GENERALE

L'impianto ha origine al punto di consegna dell'Ente erogatore. La fornitura viene fornita dall'ente di distribuzione in BT a 400V trifase o a 230V monofase.

3.1.2 IMPIANTO DI TERRA

Si demanda all'installatore la verifica di continuità dell'impianto di terra esistente e il controllo del valore di terra, al fine di poter garantire la sicurezza degli impianti come previsto dalla normativa vigente.

Tutti i nuovi impianti verranno realizzati con una classe di isolamento II.

3.1.3 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti dei quadri aventi carpenteria o parti metalliche considerate "masse", verrà effettuata installando a monte di tutto l'impianto un interruttore differenziale di tipo selettivo o con tempo e corrente di intervento regolabili, tale da non intervenire, in caso di guasto verso massa di un utilizzatore, contemporaneamente agli interruttori differenziali "istantanei" posti a protezione delle singole linee.

In luogo dell'interruttore differenziale ritardato o selettivo si potrà utilizzare un interruttore magnetotermico ed una linea con cavo multipolare con guaina in un circuito a doppio isolamento.

Per la protezione delle linee si prevede l'impiego di interruttori automatici magnetotermici quadripolari o bipolari con differenziale istantaneo 0,3A AC. Tali interruttori magnetotermici differenziali saranno scelti in modo che:

- il potere di corto circuito nominale sia pari almeno alla massima corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione;
- sia assicurata la protezione dei cavi in bassa tensione dal sovraccarico e dal corto circuito;
- l'alimentazione delle lampade non produca, per effetto delle correnti di avviamento, scatti intempestivi.

3.1.4 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Se non richiesti indici di protezione specifici, le parti attive dovranno essere racchiuse entro involucri o dietro barriere che assicurino almeno il grado di protezione IPXXB (il dito di prova non può toccare parti in tensione: Norma CEI 70-1

II^a edizione), tranne che per le superfici superiori orizzontali per le quali dovrebbe essere almeno IPXXD (il filo di prova del diametro di 1mm non può toccare parti in tensione: Norma CEI 70-1 II^a edizione).

Per ragioni di esercizio e di sicurezza, nell'aprire gli involucri è necessario eseguire una delle seguenti disposizioni:

- uso di un attrezzo o di una chiave se in esemplare unico ed affidata a personale addestrato;
- sezionamento delle parti attive mediante apertura con interblocco;
- Interposizione di barriere o schermi che garantiscono un grado di protezione IP2X.

L'isolamento delle parti attive si potrà rimuovere solo mediante distruzione e dovrà presentare caratteristiche di resistenza ad agenti meccanici, chimici, termici, elettrici ed atmosferici; vernici, lacche, smalti e prodotti simili non sono idonei, in genere, a fungere da isolanti.

Gli interruttori differenziali con corrente differenziale $I_d \leq 0,03A$, devono essere considerati come protezione aggiuntiva contro i contatti diretti e da impiegare unitamente ad una delle altre misure di protezione totale o parziale precedentemente citate.

3.2 DIMENSIONAMENTO DEI NUOVI CIRCUITI

3.2.1 DIMENSIONAMENTO NUOVI CAVI

Il dimensionamento dei nuovi impianti e delle modifiche a quelli esistenti è stato effettuato in relazione alle caratteristiche del sistema di distribuzione dell'energia elettrica, alla dislocazione e all'entità dei carichi, e nel rispetto della normativa vigente. I carichi convenzionali di ogni impianto sono stati valutati facendo riferimento alle potenze effettive delle apparecchiature a LED previste e alle relative correnti nominali suddivise per fase. Sono stati previsti prevalentemente circuiti trifase e distribuzione delle fasi nei pozzetti ai singoli corpi illuminanti. I cavi sono stati dimensionati in modo tale che risultino soddisfatte le relazioni:

$$- I_b \leq I_z$$

$$- \Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la caduta di tensione percentuale lungo il cavo.

Le portate dei cavi elettrici sono state ricavate dalle tabelle CEI-UNEL 35024 tenendo conto delle condizioni di posa. Il dimensionamento dei cavi e la conoscenza delle loro caratteristiche elettriche ha consentito di verificare che le cadute di tensione, con correnti non superiori alle correnti di impiego, sono inferiori al 4% della tensione nominale del sistema. Il calcolo delle cadute di tensione è stato effettuato con la relazione:

$$\Delta U\% = K \cdot \frac{r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sin\varphi}{U_N} \cdot L \cdot I_b$$

con:

- $K = 2$ (per linee monofasi)
- $K = \sqrt{3}$ (per linee trifasi)
- r ed x rispettivamente resistenza e reattanza per unità di lunghezza del cavo alla temperatura di regime [W/m]
- L = lunghezza linea [m]
- I_b = corrente d'impiego [A]
- U_N = tensione nominale del sistema [V]
- $\cos\varphi$ = fattore di potenza della linea

Le sezioni minime dei conduttori di fase sono (per quanto prescritto dalla norma CEI 64-8 per installazioni di tipo fisso):

- 1,5 mm² per circuiti di potenza;
- 0,5 mm² per circuiti di comando e segnalazione.

3.2.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI ORGANI DI PROTEZIONE - PROTEZIONE DA SOVRACCARICO

La protezione delle condutture contro il sovraccarico sarà assicurata dall'interruttore magnetotermico, installato sul quadro in partenza di ciascuna conduttura. Tale interruttore avrà una caratteristica a tempo inverso di tipo "C" standard, in quanto non vi sono ragioni particolari per adottare caratteristiche di tipo diverso. Tale protezione garantirà il rispetto delle seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

dove I_z è la portata della linea da proteggere, I_n la corrente nominale dell'interruttore I_b è la corrente di impiego delle condutture.

Nel dettaglio per la protezione dei cavi da sovraccarico sono stati scelti interruttori aventi correnti nominali I_n e correnti convenzionali di funzionamento I_f che soddisfino le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

in ottemperanza all'art. 433.2 della Norma CEI 64-8.

3.2.3 DIMENSIONAMENTO DEGLI ORGANI DI PROTEZIONE - PROTEZIONE DA CORTOCIRCUITO

Il potere di interruzione è stato determinato in modo che sia sempre superiore alla corrente di corto circuito presunta ai morsetti dell'interruttore stesso. Inoltre l'interruttore sarà tale da garantire il rispetto della condizione:

$$I^2 t \leq K^2 S^2,$$

dove:

- $I^2 t$ è l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore (l corrente di corto circuito effettiva);
- $K = 143$ (è una costante caratteristica dei cavi che dipende sia dal materiale del conduttore che dal tipo di isolante) per i cavi FG16OR16;
- S è la sezione del cavo in mm².

Il valore di $I^2 t$ deve essere fornito dal costruttore per gli interruttori di tipo limitatore. Avendo assicurato la protezione da sovraccarico tramite l'installazione di un interruttore magnetotermico avente potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta nel suo punto di installazione, la relazione sopra menzionata è senz'altro soddisfatta per corto circuito al termine della condotta indipendentemente dalla lunghezza della stessa.

3.3 DIMENSIONAMENTO DELLE CANALIZZAZIONI

Per gli accorpamenti degli impianti e per le porzioni di ampliamento, laddove possibile, si prevede il riutilizzo dei cavidotti interrati esistenti per il collegamento ad impianti già esistenti.

Le tubazioni e le canalizzazioni sono state dimensionate al fine di garantire la sfilabilità dei cavi, secondo quanto raccomandato dalle Norme CEI 64-8/5.

Dove prevista la realizzazione di nuova linea interrata è prevista la stesura di linea con cavi unipolari o multipolari tipo FG16OR16 a doppio isolamento in cavidotti a doppia parete corrugati fuori e lisci dentro in PEHD di diametro 110mm (o differente in base alla sezione dei cavi) classe di resistenza 750N entro un nuovo scavo a sezione ridotta.