

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI PERUGIA



COMUNE DI MASSA MARTANA

INTERVENTI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DI MASSA MARTANA

OPERA:

COMPLETAMENTO DEGLI INTERVENTI IN PARETE
E DEL CIGLIO SUPERIORE NEL TRATTO COMPRESO
TRA VIA DELLE PIAGGE E VIA DEL MATTATOIO VECCHIO

DESCRIZIONE:

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTISTI:

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

COLLABORATORI:



IAG PROGETTI STUDIO ASSOCIATO

dott. arch. Andrea Balletti
dott. ing. Vincenzo Mario Cavallaro
dott. ing. Federica Ferrotti
dott. arch. Andrea Sabbatini
info@iagprogetti.it



THESIS ENGINEERING

dott. ing. Elia Comastri
dott. ing. Federica Forlani
tesi@studiothesis.it



SGA STUDIO GEOLOGI ASSOCIATI

dott. geol. Luciano Faralli
dott. geol. Nello Gasparri
dott. geol. Riccardo Piccioni
infostudiogeologiassociati.eu

REGIONE UMBRIA:

TAVOLA:

RETI PUBBLICA ILLUMINAZIONE: RELAZIONE ILLUSTRATIVA ILLUMINOTECNICA

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.
0	SETT_2014	1° EMISSIONE	AB	GF	CC

-	-	D_RII_01	2014_04	E0	A	PE
---	---	-----------------	----------------	-----------	----------	-----------

P. Gen. CIV	Tipo doc REL	Formato A4	scala /	Redatto ING. A. BALLETTI	Controllato ING. G. FEDERICI	Approvato ING. C. COMASTRI	Responsabile GF	ELABORATO_n.d04
----------------	-----------------	---------------	------------	-----------------------------	---------------------------------	-------------------------------	--------------------	-----------------

Percorso server: \\Server\k\DATI\COMMESSE\2014\2014_04_REGIONE_UMBRIA_RUPE_VII2_PROGETTAZIONE_CONSEGNA\01_REGIONE_UMBRIA\ID_RII_01_2014_04_E0_A_PE.doc

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

INDICE

PARTE I.....	4
RELAZIONE ILLUMINOTECNICA.....	4
1 INFORMAZIONI GENERALI	4
1.1 Tipo di progetto	4
1.2 Livello del progetto	4
1.3 Destinazione d'uso	4
1.4 Indirizzo	4
2 OBIETTIVI TECNICO-FUNZIONALI DEL PROGETTO ILLUMINOTECNICO	4
2.1 Illuminamenti e luminanze sui piani orizzontali.....	4
2.2 Illuminamenti verticali e semicilindrici	5
2.3 Tipologia sorgenti luminose	5
2.4 Durata sorgenti luminose	5
2.5 Grado d'isolamento dei corpi illuminanti.....	5
2.6 Comodità e sicurezza manutentiva.....	5
2.7 Ottemperanza alla Legge Regione Umbria (L.R. 20/05 del 28-2-2005)	5
3 OBIETTIVI ESTETICO-FORMALI DEL PROGETTO ILLUMINOTECNICO	6
3.1 Piano della Luce - Progetto.....	6
3.2 Approccio al progetto.....	7
3.3 Altezza dei sostegni e corpi illuminanti	7
3.4 Tipologia dei corpi illuminanti	8
3.5 Evidenziazione delle varie zone e funzioni.....	8
3.6 Evidenziazione del gioco delle murature	8
4 REQUISITI ILLUMINOTECNICI DELL'IMPIANTO	8
4.1 Generalità	8
4.2 Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica	8
4.3 Classificazione delle zone e relative categorie illuminotecniche di riferimento	10
4.4 Analisi di rischio	11
4.5 Categoria illuminotecnica di progetto	12
4.6 Categoria illuminotecnica di esercizio	12
4.7 Requisiti illuminotecnici richiesti	13
5 ILLUSTRAZIONE DEL PROGETTO ILLUMINOTECNICO.....	14
5.1 Soluzioni prescritte per i corpi illuminanti e sostegni.....	14
5.2 Soluzioni prescritte per le sorgenti luminose	17
5.3 Risultato perseguito dal progetto illuminotecnico	17
PARTE II.....	18
RELAZIONE TECNICA IMPIANTO ELETTRICO	18
6 INFORMAZIONI GENERALI	18
6.1 Dati di progetto elettrico	19
6.2 Disposizione dell'impianto	19
6.3 Principali Normative Tecniche applicabili	19
6.4 Documentazione di progetto	19
7 DESCRIZIONE IMPIANTO ELETTRICO	20
7.1 Definizioni.....	20
7.2 Principali caratteristiche elettriche.....	20
7.3 Alimentazione da punto di consegna in BT e quadri elettrici	21
7.4 Dorsali principali.....	21
7.5 Derivazioni.....	21
7.6 Tipo apparecchi luminosi	22
7.7 Rifasamento.....	22
8 COMANDO	22
8.1 Sistema di comando	22

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

8.2	<i>Stabilizzazione della tensione e parzializzazione del flusso luminoso</i>	22
8.3	<i>Risparmio energetico</i>	23
8.4	<i>Linee regolate e stabilizzate</i>	24
9	MISURE DI SICUREZZA E PROTEZIONE	24
9.1	<i>Sezionamento e interruzione</i>	24
9.2	<i>Protezione contro il cortocircuito</i>	24
9.3	<i>Protezione contro il sovraccarico</i>	24
9.4	<i>Interruttori automatici (protezione contro sovraccarico e cortocircuito)</i>	24
9.5	<i>Fusibili</i>	25
9.6	<i>Protezione contro i contatti indiretti</i>	25
9.6.1	Tipi di protezione contro i contatti indiretti	25
9.6.2	Criterio di protezione delle masse adottato contro i contatti indiretti	25
9.7	<i>Protezione contro i contatti diretti</i>	26
9.8	<i>Protezione contro i fulmini</i>	26
9.9	<i>Protezione contro le lesioni meccaniche</i>	26
9.10	<i>Distanziamento degli impianti dai conduttori di linee elettriche</i>	26
9.11	<i>Distanziamento degli impianti dal piano viabile e dai limiti della carreggiata</i>	26
10	LINEE DI DISTRIBUZIONE	27
10.1	<i>Tipo di cavi</i>	27
10.2	<i>Criteri di scelta delle sezioni dei cavi</i>	27
10.3	<i>Linee in cavo aeree</i>	28
10.4	<i>Linee interrato</i>	28
10.5	<i>Cavi interrati</i>	29
10.6	<i>Portata dei cavi interrati</i>	29
10.7	<i>Correnti di impiego dei centri luminosi</i>	30
10.8	<i>Cadute di tensione</i>	31
10.9	<i>Giunzioni</i>	32
10.10	<i>Raggio di curvatura dei cavi</i>	33
11	MATERIALI ED APPARECCHI	33
11.1	<i>Protezione contro l'ingresso di corpi solidi e di acqua</i>	33
11.2	<i>Isolamento dei componenti</i>	33
11.3	<i>Caratteristiche principali dei sostegni</i>	33
12	IMPIANTO DI TERRA	33
13	COLLAUDO	34
14	NOTE	34
15	SCHEMA ELETTRICO (SUDDIVISIONE CIRCUITI)	34
15.1	<i>Linea J</i>	34
15.2	<i>Linea K</i>	35
15.3	<i>Linea H</i>	35
16	NOTE	36
17	BIBLIOGRAFIA	36

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

PARTE I

RELAZIONE ILLUMINOTECNICA

1 Informazioni generali

1.1 Tipo di progetto

Progetto di impianto elettrico ad uso illuminazione pubblica per urbanizzazioni “COMPLETAMENTO DEGLI INTERVENTI IN PARETE E DEL CIGLIO SUPERIORE NEL TRATTO COMPRESO TRA VIA DELLE PIAGGE E VIA DEL MATTATOIO VECCHIO”, sinteticamente denominato in seguito “Rupe Completamento”; comprese le reti di distribuzione interrate (tubazioni e pozzetti di ispezione).

1.2 Livello del progetto

La suddivisione in tre livelli (preliminare, definitivo, esecutivo) è conforme a quanto previsto per i lavori pubblici dalla Legge 109/94, successive modifiche e regolamento d’attuazione (DPR 554/99).

Il livello presente di progettazione è “**progetto esecutivo**”, e comprende gli elaborati descrittivi e grafici necessari per la definizione e la valutazione dell’impianto e la sua conseguente realizzazione completa.

Il presente progetto deve quindi essere utilizzato per la costruzione e installazione dell’impianto con tutte le prescrizioni in esso riportate.

1.3 Destinazione d’uso

Impianto di illuminazione pubblica di area urbana.

L’impianto oggetto della presente relazione è il complesso di linee di alimentazione, sostegni ed apparecchiature, destinato a realizzare l’illuminazione di aree esterne ad uso pubblico (percorsi pedonali, rampe e/o scale di collegamento, parti di viabilità urbana del centro storico e porzioni murarie di edifici) sottoposte ad agenti atmosferici, compresa la disposizione delle reti di condutture interrate e pozzetti.

Nel presente progetto si include anche l’illuminazione delle nuove murature costituenti la “Rupe” comprendendo, come sopra, tutte le: reti, linee di alimentazione, sostegni ed apparecchiature destinate a realizzare anche questa porzione di impianto.

1.4 Indirizzo

Comune di Massa Martana (PG) – tratto compreso tra via Delle Piagge e via Del Mattatoio Vecchio.

2 Obiettivi tecnico-funzionali del progetto illuminotecnico

Essenzialmente si è cercato di progettare un impianto luci che, pur non escludendo l’obiettivo del contenimento dei costi di acquisto-installazione, rendesse prioritario economizzare sui costi di mantenimento-manutenzione garantendo, sotto l’aspetto tecnico-funzionale, il perseguimento dei punti di seguito descritti.

2.1 Illuminamenti e luminanze sui piani orizzontali

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Raggiungimento di un corretto livello di illuminamento generale (percorsi principali ed aree di sosta) sui piani orizzontali adeguato ai compiti visivi legati agli utilizzi delle aree da illuminare il tutto in ottemperanza alle Norme vigenti.

Raggiungimento di livelli ritenuti appropriati per la luminanza. Tale grandezza vettoriale deve essere tenuta in particolare considerazione per le murature degli edifici e soprattutto della rupe non potendosi valutare su piani orizzontali, secondo le vigenti normative, in situazioni di viabilità così articolate, con presenza quasi esclusiva di pedoni, e facenti parte del centro storico.

2.2 Illuminamenti verticali e semicilindrici

Raggiungimento di un efficace livello di illuminamento verticale e semicilindrico nelle aree di transito pedonale principali sempre in ottemperanza alle vigenti norme (UNI EN 13201).

Le pareti verticali della rupe vanno illuminate in modo omogeneo ed uniforme con luce direzionata non dal basso che generi una armonica percezione anche da significativa distanza confidando in una riflessione della superficie non di tipo perfettamente "Lambertiano".

2.3 Tipologia sorgenti luminose

L'utilizzo di sorgenti luminose al sodio ad alta pressione, in ottemperanza a quanto prescritto dai regolamenti attuativi delle Leggi sul risparmio energetico e limitazione dell'inquinamento luminoso vigenti, è da proporre in tutta la zona di viabilità pedonale o mista sopra la rupe.

Per la rupe sono da prescrivere apparecchi a led di potenza soprattutto per economia gestionale.

2.4 Durata sorgenti luminose

La durata media delle sorgenti utilizzate, secondo il modello e la potenza impiegata, deve attestandosi ai massimi livelli ad oggi tecnicamente raggiungibili per lampade a scarica.

Le apparecchiature a led devono superare le 70.000 ore senza sostituzione alcuna.

2.5 Grado d'isolamento dei corpi illuminanti

La totalità dei corpi illuminanti deve essere in CLASSE II d'isolamento onde consentire la realizzazione di un impianto elettrico privo di messa a terra.

2.6 Comodità e sicurezza manutentiva

Deve essere prevista la possibilità di intervenire per le manutenzioni con facilità riducendo comunque il numero degli apparecchi incassati a terra che spesso creano condensa interna, se non correttamente posati.

Nello stesso tempo va osservata la piena sicurezza operativa attraverso la prescrizione di pochi corpi illuminanti su palo alto con sezionamento di linea all'apertura dell'apparecchio, garanzia ulteriore per l'incolumità degli addetti alle manutenzioni.

Per l'illuminazione delle nuove mura si deve ricercare una soluzione che annulli quasi completamente le manutenzioni e preveda una posa senza ricorrere a cestelli o piattaforme mobili; di difficile impiego vista la conformazione del terreno sottostante.

2.7 Ottemperanza alla Legge Regione Umbria (L.R. 20/05 del 28-2-2005)

Si deve mirare da ultimo all'ottemperanza del presente progetto illuminotecnico, oltre ovviamente alle più recenti norme e raccomandazioni illuminotecniche, alla Legge Regione Umbria L.R. 20/05 del 28-2-2005 e suo Regolamento Attuativo n°2 del 5-4-2007.

Tale ottemperanza va perseguita utilizzando esclusivamente apparecchi con ottiche dedicate e direzionabili ad altissimo rendimento fotometrico unitamente all'impiego di vetri piani o opportune

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

schermature, onde annullare completamente il flusso luminoso disperso verso l'alto.

3 Obiettivi estetico-formali del progetto illuminotecnico

3.1 Piano della Luce - Progetto

I nuovi approcci all'illuminazione urbana si sono concretizzati, anche attraverso l'obbligo legislativo introdotto dalle già citate leggi regionali, nella necessità di Piani Regolatori della Luce o, più sinteticamente, "Piani della Luce" che si configurano come veri e propri strumenti urbanistici comunali di programmazione, linee guida di progettazione e gestione dell'illuminazione pubblica.

Il caso di intervento in questione risulta piuttosto anomalo in quanto occasione, generata dall'evento sismico occorso, di realizzare e completare, non solo sulla carta, un Piano-Progetto.

Si deve quindi partire dalle considerazioni fatte in sede di progetto illuminotecnico concretizzato nei: I e II lotto della ricostruzione del centro storico, IV stralcio rupe unitamente al progetto illuminotecnico riguardante l'area "Lignole".

Quelli sopra elencati sono esempi di quello che in altre situazioni rimane sulla carta come Piano della Luce oppure viene attuato in lotti spesso disorganici, troppo frazionati e con poca omogeneità.

Nel Piano-Progetto originario veniva prevista una ripartizione zonale che si estendeva alla previsione illuminotecnica degli interventi anche per la porzione oggetto del presente intervento; come sotto rappresentato.

- Esterno mura e percorsi viabili perimetrali con luci al sodio di colore giallo (2000K) riflesso da sistemi tipo "Vela" regolabili e non abbaglianti (*porzioni in giallo ocracina nell'immagine*).
- Percorsi interni con luci al sodio colore bianco caldo (2200K) da apparecchi a bassa altezza o tesata (*porzioni in giallo chiaro nell'immagine*).
- Luci di colore bianco freddo poste in quota sul bordo esterno del parapetto "Rupe" ad illuminare la stessa con effetto radente dall'alto (*perimetri interessati in verde acido nell'immagine*).



prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Veniva anche proiettata, in sede di presentazione del progetto, una immagine renderizzata dell'effetto previsto.



Simulazione "Rupe" illuminata

3.2 Approccio al progetto

Dopo un'attenta analisi sia visiva che documentativa ci si accorge che non sono presenti situazioni architettoniche o monumentali specificamente emergenti, ma risulta, invece, l'intero complesso edificato entro le mura e sopra la rupe meritevole di valorizzazione nel suo complesso, mantenendo ancora la sua originaria impronta urbanistica.

La considerazione appena esposta deve guidare le scelte progettuali unitamente all'analisi del progetto di sistemazione urbana valutando in particolare i seguenti elementi di connotazione fruitiva e percettiva.

- Punti emergenti in altezza con possibilità di visualizzazione da maggiore distanza.
- Individuazione planimetrica della viabilità pedonale, veicolare o mista.
- Individuazione degli accessi pedonali dalle mura con principale utilizzo turistico.
- Determinazione delle porzioni di edifici o piani orizzontali comunque meritevoli di distinzione e valorizzazione attraverso la luce per: funzione, forma o posizione percettiva.
- Interpretazione della volontà fruitiva degli spazi:
 - zone di transito, dividendo la viabilità principale da quella secondaria;
 - zone ove favorire la sosta e conversazione;
 - porzioni meritevoli di accentuazione della suggestione visiva;
 - zone o funzioni per le quali lo sguardo deve essere privo di interferenze luminose.

Per quanto concerne la forma ed estetica dell'intervento si deve mirare ai punti di seguito descritti.

3.3 Altezza dei sostegni e corpi illuminanti

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Evitare sostegni e corpi illuminanti che creino intralcio visivo durante il giorno dovuto alla loro eccessiva altezza in considerazione degli svariati punti di osservazione caratterizzanti la zona di intervento.

3.4 Tipologia dei corpi illuminanti

Limitare i punti luce ed orientarsi verso modelli che offrano la possibilità di regolazione ed orientamento del flusso emesso.

Adottare apparecchi illuminanti con la capacità di trasmettere una sensazione di robustezza unita ad una estetica sobria e pulita, tipica dei corpi illuminanti di industrial-design; il tutto armonizzato da scelte cromatiche e tipologiche coerenti con il confinante intervento dell'area "Lignole".

Non eccedere nell'uso degli apparecchi incassati nel terreno che, oltre a creare inquinamento luminoso se non opportunamente schermati, nulla trasmettono sotto l'aspetto estetico.

3.5 Evidenziazione delle varie zone e funzioni

Utilizzare la luce e la sua particolare capacità di suggestione inconscia per favorire:

- La sensazione di sicurezza in tutta l'area;
- l'aggregazione delle persone in luoghi ben precisi con livelli e colori della luce dedicati;
- indurre i visitatori a procedere dal parcheggio Lignole verso gli ingressi al centro storico o verso il punto panoramico-espositivo della nuova piccola "Prua".

3.6 Evidenziazione del gioco delle murature

Particolare attenzione va posta all'evidenziazione delle nuove partizioni murarie rivestite in pietra "Izzalini" e i setti rivestiti in mattoni a.

Risulta notevolmente importante sottolineare e differenziare con luci opportune questi elementi che svolgono oltre che la funzione di contenimento anche quella di richiamo visivo dai punti di osservazione posti a notevole distanza.

4 Requisiti illuminotecnici dell'impianto

4.1 Generalità

Il quadro normativo riguardante l'illuminazione stradale ed affine è stato recentemente completato e comprende quattro Norme: le UNI 11248, UNI-EN 13201 -2, -3, -4.

La prima di queste Norme suddivide le strade in varie classi, attribuisce a ciascuna una categoria illuminotecnica di riferimento ed indica le modalità per determinare la categoria di progetto per ogni specifico tratto di strada in base alla sua particolare situazione.

La seconda Norma assegna ad ogni categoria illuminotecnica di progetto i valori prestazionali che le competono (Luminanza o illuminamento e relative uniformità, ecc.).

La terza indica le modalità di calcolo degli impianti illuminotecnici.

La quarta riporta i metodi di misura delle prestazioni fotometriche.

Per pervenire alla definizione della categoria, occorre eseguire una valutazione del rischio.

4.2 Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica

La categoria illuminotecnica dell'impianto si individua come segue:

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

1. definizione della categoria illuminotecnica di riferimento:

noto il tipo di strada o area, mediante il prospetto 1 della Norma UNI 11248;

prospetto 1 della Norma UNI 11248

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h-1]	Categoria illuminotecnica di riferimento	Note punto
A ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1	-
	Autostrade urbane	130		
A ₂	Strade di servizio alle autostrade	70 - 90	ME3a	
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50		
B	Strade extraurbane principali	110	ME3a	-
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	ME4a	
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 ₄)	70 - 90	ME3a	-
	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b	
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	ME3a	
D	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a	-
		50		
E	Strade urbane interquartiere	50	ME3c	-
	Strade urbane di quartiere	50		
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 ₄)	70 - 90	ME3a	6.3
	Strade locali extraurbane	50	ME4b	
		30	S3	
		50	ME4b	
	Strade locali urbane (tipi F1 e F2 ₄)	50	CE4	
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	CE5/S3	
	Strade locali urbane: altre situazioni	30		
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	CE5/S3	
Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5			
Strade locali interzonali	50			
	30			
	Piste ciclabili ⁵⁾	Non dichiarato	S3	-
	Strade a destinazione particolare ⁶⁾	30		-

4) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

5) Decreto Ministeriale 30 novembre 1999 n° 557 del Ministero dei Lavori Pubblici.

6) Secondo l'art. 3.5 del Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

2. definizione della categoria illuminotecnica di progetto:

nota la categoria illuminotecnica di riferimento, occorre valutare i parametri di influenza riportati nel prospetto 2 della suddetta Norma, per: pervenire, confermare o modificare la categoria illuminotecnica di riferimento come quella di progetto;

prospetto 2 della Norma UNI 11248

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Tipo di strada	Parametro di influenza							
	Flusso di traffico	Complessità del campo visivo	Zona di conflitto	Dispositivi rallentatori	Indice di rischio di aggressione	Pendenza media	Indice del livello luminoso dell'ambiente	Pedoni
A ₁	Massimo	Elevata	-					
A ₂		Normale						
B		-	Assente					
C								
D								
E								
F		Normale	Assenti					
Piste ciclabili	-	-	-	-	≤2%	Ambiente urbano	Non ammessi	

3. definizione della categoria illuminotecnica di esercizio:

in base all'analisi dei rischi ed agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, introdurre una o più categorie illuminotecniche di esercizio, specificando le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria.

L'adozione di impianti con caratteristiche variabili (variazione del flusso luminoso emesso), purché nel rispetto dei requisiti previsti dalla categoria illuminotecnica di esercizio corrispondente, rappresenta una soluzione per assicurare condizioni di risparmio energetico nell'esercizio e di contenimento del flusso luminoso emesso verso l'alto.

4.3 Classificazione delle zone e relative categorie illuminotecniche di riferimento

Tutta l'area di progetto viene zonizzata come di seguito rappresentato per la definizione di categorie illuminotecniche omogenee:

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti



Zona A – dai dati desunti si classifica come: “F – Strade locali urbane: aree pedonali – limite di velocità 5km/h” = Categoria illuminotecnica di riferimento **S3**.

Come indicato dalla Norma UNI-EN 13201-2, si evidenzia che “Le categorie S riguardano pedoni e ciclisti su marciapiedi.....strade pedonali....”. E' il caso dell'unica zona individuata “A”.

4.4 Analisi di rischio

L'analisi di rischio viene condotta sulla base degli elementi contenuti nel prospetto 3 della Norma UNI 11248, dove la variazione della categoria illuminotecnica è di tipo additivo ed è indicata come numero di categorie verso quelle con requisiti prestazionali inferiori (valori negativi) o verso quelle con requisiti prestazionali superiori (valori positivi), rispetto a ciascuna categoria di riferimento individuata nel precedente paragrafo.

I parametri di influenza teorica ed il relativo peso sono riportati nella seguenti tabelle di valutazione:

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Parametro di influenza		Variazione teorica categoria illuminotecnica	Variazione effettiva categoria illuminotecnica
Compito visivo normale			
Condizioni non conflittuali		-1	-1
Flusso di traffico < 50% rispetto al massimo			-1
Flusso di traffico < 25% rispetto al massimo		-2	
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali		-1	
Colore della luce	con indice di resa dei colori maggiore o uguale a 60 si può ridurre la categoria illuminotecnica	-1	
	con indice di resa dei colori minore di 30 si deve incrementare la categoria illuminotecnica	1	+1
Pericolo di aggressione			+1
Presenza di svincoli e/o intersezioni a raso		1	
Prossimità di passaggi pedonali			
Prossimità di dispositivi rallentatori			

Valutazione del rischio per: zona **A** categoria illuminotecnica di riferimento **S3**

Per la zona "A", in condizioni di fruizione massima durante le ore di accensione, si ritiene di incrementare la categoria illuminotecnica di riferimento in quanto il decremento generato da assenza di zone conflittuali annulla unicamente l'incremento per il possibile pericolo di aggressione ma non quello per la scarsa resa cromatica delle sorgenti ai vapori di sodio standard.

4.5 Categoria illuminotecnica di progetto

In base all'analisi di rischio condotta nel precedente paragrafo, le variazioni di categoria illuminotecnica, in condizioni di fruizione massima, inducono ad adottare le seguenti categorie illuminotecniche di progetto:

Zona A = Categoria illuminotecnica di riferimento **S3** > Categoria illuminotecnica di progetto **S2**.

4.6 Categoria illuminotecnica di esercizio

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

In base all'analisi di rischio condotta nel paragrafo 4.4, si può osservare che è possibile ridurre la categoria illuminotecnica al ridursi della presenza di persone dopo la mezzanotte senza compromettere le condizioni di sicurezza e confort illuminotecnico.

Quando la fruizione è inferiore al 50% di quella massima, è possibile:

- modificare la categoria illuminotecnica della zona "A" da quella di progetto S2 a quella di esercizio **S3**.

4.7 Requisiti illuminotecnici richiesti

I requisiti di quantità e qualità dell'illuminazione sono indicati dalla Norma UNI EN 13201-2; essi sono espressi, viste le categorie determinate, in termini di livello ed uniformità dell'illuminamento del manto stradale, illuminazione dei bordi della carreggiata e zone di conflitto, limitazione dell'abbagliamento, uniformità.

Le prestazioni richieste per ciascuna categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio sono riassunte nelle seguenti tabelle con i valori prescritti per l'illuminamento medio mantenuto $E(x)$, l'illuminamento minimo $E_{min}(x)$ e l'uniformità generale U_0 (E_{min}/E_{med}).

Categorie illuminotecniche serie S

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	E in lx _a [medio mantenuto]	E_{min} in lx [mantenuto]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	prestazione non determinata	prestazione non determinata

L'impianto di illuminazione deve soddisfare, inoltre, le esigenze di guida visiva, in larga misura determinata dalla disposizione dei centri luminosi, dalla loro successione geometrica, dalla loro intensità luminosa e dal colore della luce emessa; affinché tali esigenze siano soddisfatte, si eviterà ogni discontinuità dell'impianto che non sia la conseguenza di punti singolari, per i quali sarà necessario richiamare l'attenzione dei fruitori.

Nel calcolo si terrà conto di un fattore di manutenzione pari a 0,8, per tener conto del decadimento del flusso emesso dalle lampade e della sporcizia sull'armatura, che ne riduce le prestazioni.

I requisiti illuminotecnici richiesti per le singole categorie sono stati perseguiti e sinteticamente esposti nelle verifiche illuminotecniche allegate al presente progetto esecutivo:

V1 – zona via Rippa;

V2 – zona via Della Portella.

Le verifiche sopraelencate soffrono di alcune approssimazioni insite nella complessa conformazione delle aree di indagine (Es.: contributi da sorgenti lontane, muri ed elementi architettonici difficilmente schematizzabili ma che incidono sulle riflessioni, difficoltà nella determinazione di possibili punti per il calcolo degli abbagliamenti, ecc.). Tali approssimazioni pregiudicano la corretta valutazione degli illuminamenti minimi e dei rapporti di uniformità U_0 (E_{min}/E_{med}) che vanno pertanto considerati conformi.

E' stata indagata anche una porzione di rupe attraverso apposita verifica:

V3 – Rupe porzione tipo.

In quest'ultimo caso vengono valutate soprattutto le luminanze generate nella direzione di un probabile punto di osservazione. Gli algoritmi di calcolo sfruttano un modello di riflessione di tipo perfettamente Lambertiano ma confidiamo che il tipo di superficie costituente il rivestimento esterno della rupe tenda in realtà ad una riflessione diffusa con una modesta componente speculare (Soprattutto in presenza di

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

umidità). Questa considerazione rende i risultati leggermente sottostimati pertanto idonei soprattutto in considerazione dei punti di possibile osservazione.

5 Illustrazione del progetto illuminotecnico

5.1 Soluzioni prescritte per i corpi illuminanti e sostegni

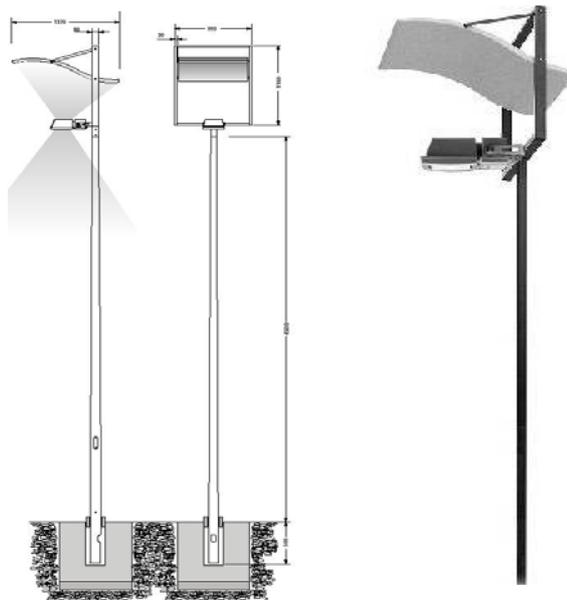
Tutti gli apparecchi e sostegni prescritti si caratterizzano per:

- integrazione estetica con il contesto di connotazione moderna e con le tipologie già presenti a contorno delle mura e nell'adiacente area "Lignole";
- percezione unitaria ottenuta attraverso la verniciatura in tinta color alluminio naturale RAL9006;
- controllo della luce conforme alle normative sulla limitazione dell'inquinamento luminoso UNI 10819 ed ora anche alla vigente normativa regionale (L.R. 20/05 del 28-2-2005);
- isolamento in classe II, non è necessaria la messa a terra dell'impianto di illuminazione;
- assenza di abbagliamenti grazie alla loro ampia possibilità di regolazione.

I raggruppamenti tipologici prescritti sono di seguito descritti nelle loro connotazioni salienti:

TIPOLOGIA S1

- apparecchio singolo a luce indiretta dalle linee moderne identico a quello presente all'esterno del centro storico ed area "Lignole";
- struttura a sostegno di una vela riflettente, particolarmente efficace anche per gli illuminamenti verticali e cilindrici;
- sistema con ampia possibilità di regolazione sia dell'apparecchio che della vela posta su palo da 4,7 metri fuori terra;
- nessun tipo di abbagliamento ed ampia copertura luminosa sia dei percorsi pedonali sottostanti che, in modo più tenue, dei più lontani fronti edificati;
- buona sovrapposizione dell'emissione luminosa soprattutto sul muro di contenimento superiore.



TIPOLOGIA S2

- stessa tipologia come la S1 ma con l'aggiunta di un apparecchio contrapposto ad emissione diretta con staffa inclina che si attesta sul palo ad altezza di 3,50 metri fuori terra;
- nessun tipo di abbagliamento ed ampia copertura luminosa sia dei percorsi superiori che, attraverso il retrostante apparecchio ad emissione diretta di tipo stradale, dei sottostanti percorsi pedonali.



TIPOLOGIA S3

- apparecchio singolo a luce indiretta con ottica stradale come quello inserito, con sbraccio, nella tipologia S2;
- palo di sostegno decorativo con altezza fuori terra di 4 metri;
- ottima copertura luminosa del passaggio viabile posto sopra la cavea;
- soluzione valida ed ampliabile per il palo al centro dell'area espositiva della prua. Se necessario l'attacco a palo può anche accogliere un secondo apparecchio contrapposto ed il cablaggio elettrico risulta idoneo ad alimentare anche sorgenti ai vapori di alogenuri metallici.



RIPOSIZIONAMENTO

- Per compensare la carenza di luce nel tratto iniziale di via Della Portella evitando ulteriori collocazioni di pali al centro della nuova piazza, con seduta e pianta illuminata, si prevede il riposizionamento di seguito descritto;
- riposizionamento di apparecchio esistente nel centro storico (*Riferimento rilievo esistente E/E*). Apparecchio tipo applique per esterno: PLATEK-Applique 2 finestre -7000122 speciale con lampada al sodio ad alta pressione ellissoidale da 70W attacco E27. Sono ricomprese tutte le opere e forniture per rendere funzionante l'apparecchio in via Della Portella tramite breve ampliamento della linea esistente nel centro storico "Linea - F" da contiguo apparecchio uguale posto ad una distanza in pianta di 3,5 metri (*Riferimento rilievo esistente F33*). L'allaccio elettrico potrà avvenire, a discrezione della Direzione Lavori, con ampliamento delle linee da terra, partendo dal pozzetto P65 (soluzione da preferire), oppure derivandosi dall'apparecchio F33 e proseguendo in quota; comunque mantenendo le stesse caratteristiche di posa dell'esistente;
- altezza di collocazione: 2,80 metri dal sottostante piano finito.



PER TUTTE LE TIPOLOGIE L

- apparecchi a led dal disegno semplice e di contenute dimensioni;
- costruzione ermetica, robusta ed esente da manutenzione;
- assoluta assenza di abbagliamento e piena ottemperanza delle normative contro l'inquinamento luminoso;
- semplicità di installazione.

TIPOLOGIA L1

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

- 6 led da 1W a tono freddo con alimentatore interno al piccolo involucro ermetico in acciaio inox;
- collocazione apparecchi nascosti dal bordo esterno del parapetto rupe;
- interasse medio di 2,2 metri per una efficace luce radente dall'alto;
- apparecchio con ottica speciale 10°x90° che indirizza tutta la luce generata dai led sulle pareti estese della rupe;
- apparecchio con ottica 10°x30° che indirizza tutta la luce generata dai led sulle pareti strette della rupe o sulle collocazioni ad angolo;
- prevedere un accurato puntamento notturno, apparecchio per apparecchio, poiché una minima inclinazione genera notevoli differenze di risultato sulla parete della rupe; fatto dovuto alla particolarità dei fasci di emissione a luce estremamente radente;
- ogni 10 metri lineari di fronte rupe l'assorbimento energetico si limita a 40W.

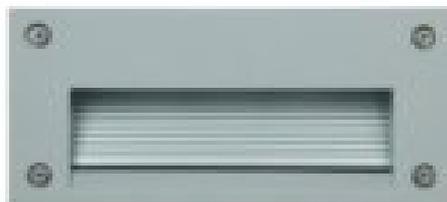


TIPOLOGIA L2

- sono prescritti apparecchi a led bianchi a tono molto freddo per luci d'accento;
- la luce fredda dal basso risulta particolarmente indicata per gli alberi nel giardino cavea e l'alberatura nel grosso vaso all'inizio di via Della Portella;
- la collocazione rasoterra, ma non interrata, consente l'opportuna regolazione dei fasci di luce indirizzati verso la chioma delle alberature seguendone lo sviluppo;
- non trascurabile il contributo della luce riflessa dalle chiome per il benessere visivo di queste zone di aggregazione.

TIPOLOGIA L3

- si tratta di lineari e robusti punti luce, già impiegati nei lotti contigui, da collocare nei nuovi muri rivestiti in mattoni per sicurezza fruitiva delle rampe e/o scale, soprattutto durante le ore in cui le altre luci vengono parzializzate;
- sono prescritti apparecchi a led bianchi a tono caldo per non scostarsi troppo dal tono



prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

delle luci ai vapori di sodio prevalenti nell'intervento; la loro luce a tono caldo evidenzia bene i setti murari rivestiti in mattoni;

- i corpi illuminanti sono da posizionare incassati a parete a distanza regolare ed altezza fissa da terra, pari ad 80 cm.;
- Il corpo apparecchio, da inserire nell'apposita cassaforma, accoglie 4 led da 1W nascosti da un robusto schermo in alluminio.

5.2 Soluzioni prescritte per le sorgenti luminose

Tutte le sorgenti luminose prescritte si caratterizzano per:

- utilizzo di luci al sodio ad alta pressione con elevata longevità;
- elevata efficienza e durata ultraventennale delle sorgenti a led impiegate.

Per la valutazione della tempistica ed oneri manutentivi si rimanda all'allegato "PIANO DI MANUTENZIONE"; per altro richiesto anche dalla Norma UNI 11248 all'articolo 14.

Le tipologie di sorgenti luminose prescritte si differenziano, in congruità al "Piano-progetto" cui si faceva cenno al punto 3.1, secondo le zone e le funzioni fruitive, in:

- PERCORSO PEDONALE INFERIORE – trattandosi della prosecuzione di quello proveniente dall'area "Lignole" a questa tipologia cromatica si deve adeguare il progetto. Si prescrivono lampade ai vapori di sodio standard da 150w e 70W che, seppure con un basso indice di resa cromatica, risultano perfettamente idonee per illuminare, sia il percorso pedonale che i più lontani fronti edificati del centro storico con luce a tono caldo 2.000K°.
- PERCORSO PEDONALE - VIABILE SUPERIORE – siamo a ridosso del centro storico e si beneficia in parte anche del contributo generato da apparecchi già collocati sui fabbricati ed allestiti con lampada ai vapori di sodio a resa cromatica migliorata (2.200K°). Si prescrivono lampade ai vapori di sodio standard da 150w che, seppure con un basso indice di resa cromatica, risultano perfettamente idonee per illuminare, in mancanza di aree verdi, sia il sottostante piazzale che i più lontani fronti edificati del centro storico con luce a tono caldo 2.000K°.
- ILLUMINAZIONE RUPE e ILLUMINAZIONE D'ACCENTO– si prescrivono sorgenti con singoli led da 1W con tono bianco freddo o molto freddo.

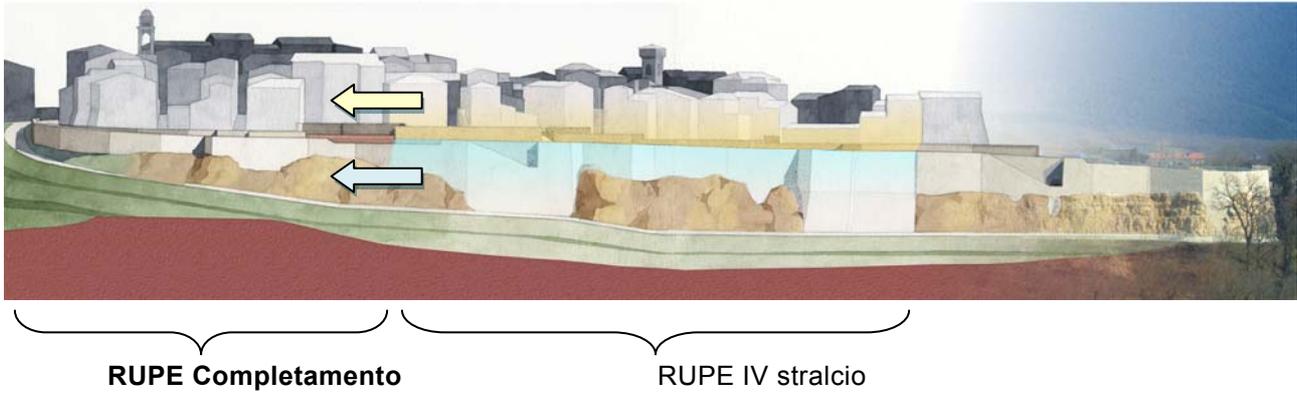
5.3 Risultato perseguito dal progetto illuminotecnico

Con le prescrizioni attinenti a sostegni, corpi illuminanti e sorgenti, sinteticamente descritte nei paragrafi precedenti, si perviene ad una realizzazione illuminotecnica che persegue gli obiettivi esposti dal "Piano-Progetto" originario (*Rif. Paragrafi 3.1 e 3.2*).

Soprattutto riferendoci ai punti di visuale da maggiore distanza si genera una percezione ben distinta tra nuovi e moderni interventi murari sulla rupe, lambiti e valorizzati da luci a tono freddo, che "Sorreggono" il centro storico ristrutturato, caratterizzato da luci calde ed omogeneamente diffuse.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Come immagine schematica si raffigura di seguito la partizione descritta sulla porzione di intervento che prosegue e completa quello del contiguo IV stralcio.



N.B. colori puramente indicativi

PARTE II RELAZIONE TECNICA IMPIANTO ELETTRICO

6 Informazioni generali

6.1 Dati di progetto elettrico

a) Sistema di alimentazione:	TT, rete pubblica di B.T., fornitura 3F+N.
b) Linea di alimentazione:	Interrata
c) Potenza installata:	3,0 kWh (il presente lotto)
d) Corrente di corto circuito presunta:	6 kA.
e) Tensione Nominale:	230/400 V trifase – 50 Hz
f) Ubicazione del gruppo di misura:	PLANIMETRIA ALLEGATA
g) Elenco dei carichi:	COMPUTO METRICO ALLEGATO
h) Ubicazione dei carichi:	PLANIMETRIA ALLEGATA
i) Disposizione delle reti di distribuzione:	PLANIMETRIA ALLEGATA
j) Caduta di tensione:	max 5% in ogni punto dell'impianto.
k) Sezioni dei conduttori:	secondo Norma CEI 64.8

6.2 Disposizione dell'impianto

La disposizione dell'impianto (collocazione dei centri luminosi) è indicata sulla planimetria allegata, coerente con la distribuzione dell'alimentazione elettrica (rete di distribuzione interrata).

6.3 Principali Normative Tecniche applicabili

- DM 37/08: *Disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.*
- Legge 186/68: *Disposizioni concernenti la produzione e la realizzazione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici a regola d'arte.*
- Norma CEI 64–8: *"Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c." e successive varianti, modifiche e norme allegate.*
- Norma CEI 64–8/714: *"Impianti di illuminazione situati all'esterno".*
- Norma CEI 64–7 (1998): *"Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari" (abrogata)*
- CEI 23-51: *"Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri elettrici di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare".*
- Norma CEI 34-21: *Apparecchi di illuminazione – parte 1: Prescrizioni generali e prove (2008) e relative varianti*
- Norma CEI 34–33: *"Apparecchi di Illuminazione. Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per l'illuminazione stradale".*
- Norme CEI del comitato 34 *"Lampade e relative apparecchiature".*
- Norma CEI 11–4: *"Esecuzione delle linee elettriche esterne".*
- Norma CEI 11–17: *"Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo".*
- Norma CEI 23-46: *"Sistemi di tubi accessori per installazioni elettriche. Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati".*
- D.M. 21/03/1988: *Approvazione delle norme tecniche per la progettazione e l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".*
- CEI 17-13: *Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT).*

6.4 Documentazione di progetto

- a) Relazione Tecnico/descrittiva impianto elettrico ed illuminotecnico (il presente documento)
- b) Schema a blocchi funzionale e schema elettrico unifilare dei circuiti dell'impianto e dei

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

- collegamenti
- c) Disposizioni topografiche di installazione (planimetrie)
 - Planimetria dislocazione dei centri luminosi (illuminazione generale), rete di distribuzione.
- d) Particolari di installazione (tavole e disegni illustrativi)
- e) Computo metrico
- f) Capitolato di appalto con allegati

7 Descrizione impianto elettrico

7.1 Definizioni

Le seguenti definizioni sono state tratte dalla norma CEI 64-8/714:

- *Impianto in derivazione*: impianto in cui i centri luminosi sono derivati dalla linea di alimentazione e risultano in parallelo tra di loro.
- *Impianto di gruppo B*: impianto in derivazione con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in continua, esclusi gli impianti di gruppo A (a bassissima tensione di sicurezza).
- *Apparecchiatura di comando*: complesso di dispositivi atti all'inserzione e alla disinserzione dei circuiti di alimentazione
- *Apparecchiatura di protezione*: complesso di dispositivi atti rilevazione delle grandezze elettriche e/o all'intervento in caso di malfunzionamento anomalo.
- *Apparecchiatura di regolazione della tensione*: complesso di dispositivi destinati a fornire un valore prefissato di tensione indipendente dalle variazioni di rete, che può avere anche funzione di regolazione del flusso luminoso delle lampade
- *Apparecchi di illuminazione*: apparecchio che distribuisce, filtra o trasforma la luce emessa da una o più lampade (compresi tutti i necessari componenti per il sostegno, il fissaggio e la protezione delle lampade, ma non le lampade stesse)
- *Ausiliario elettrico*: Apparecchiatura inserita tra la linea di alimentazione e le lampade al fine di consentirne il corretto funzionamento.
- *Centro luminoso*: complesso costituito dall'apparecchio di illuminazione dalle lampade in esso installate e dagli eventuali ausiliari elettrici anche se non incorporati.

7.2 Principali caratteristiche elettriche

Secondo le definizioni precedenti, l'impianto oggetto della presente relazione è del tipo "in derivazione" di gruppo B (tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata), con apparecchiature di comando, protezione e regolazione della tensione centralizzate e circuiti di distribuzione dell'alimentazione ai centri luminosi, alimentati tra fase e neutro ciclicamente dalle 3 fasi del sistema trifase + neutro a 230/400 V.

La linea che alimenta il singolo centro si deriva dalla linea dorsale principale in corrispondenza di una morsettiera alloggiata all'interno del palo di sostegno, in un pozzetto, in una scatola di derivazione, oppure si stacca dalla dorsale per mezzo di giunzioni isolate o "muffole" (interrate in pozzetto o aeree). L'impianto è completamente in classe II di isolamento.

- Gli impianti di illuminazione di gruppo B devono presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore a:

$$2/(L+N) \text{ M}\Omega, \text{ dove:}$$

- L = lunghezza complessiva delle linee di alimentazione in km (minimo 1)
- N = numero degli apparecchi di illuminazione presenti nel sistema elettrico.

All'atto delle verifiche iniziali bisogna verificare tramite misura che la relazione sia verificata, per ogni linea.

In base alla norma generale, l'isolamento di un carico accettabile è 0,5 MΩ.

In caso di linee lunghe o numerosi apparecchi in parallelo, il limite dell'isolamento calcolato può essere molto basso, anche meno di 0,5 MΩ. Questo deriva dal fatto che le norme per gli apparecchi richiedono un isolamento di almeno 2 MΩ per la classe I, e 4 MΩ per la classe II. Ammettendo una resistenza di 2 MΩ anche per una linea lunga 1 km, si ottiene la formula sopra. In coerenza con le norme per gli apparecchi, è possibile che l'isolamento di N apparecchi in parallelo sia 2/N. Tenendo conto che generalmente gli apparecchi hanno una resistenza di isolamento molto superiore ai limiti imposti, se si misura una resistenza di isolamento di una linea inferiore a 0,5 MΩ, bisogna ritenere che esista qualche punto debole di isolamento da verificare (cavi e giunzioni).

Infatti se per ipotesi gli apparecchi avessero resistenze di isolamento molto elevate, come avviene di solito, al limite infinite, allora la norma accetterebbe il limite $2/(1 + N)$ per le sole linee in cavo, ma questo non è in pratica sensato. Per cui bisogna prestare molta attenzione alla verifica della resistenza di isolamento.

- La caduta di tensione nei circuiti di alimentazione, in condizioni regolari di esercizio non deve superare il 5%, salvo specifiche diverse in funzione degli apparecchi di illuminazione. Il controllo avviene attraverso calcoli in fase di progetto, e misure in corrispondenza dei centri luminosi più lontani elettricamente.
- Le perdite nella linea di alimentazione, in condizioni regolari di esercizio non devono superare il 5% della potenza assorbita dai centri luminosi (comprese eventuali perdite in eventuali ausiliari).
- Il fattore di potenza dell'impianto non deve essere inferiore a 0,9 in corrispondenza del punto di consegna dell'energia.
- Nei circuiti di alimentazione trifasi i centri luminosi devono essere derivati ciclicamente dalle varie fasi, in modo da ridurre al minimo gli squilibri di corrente lungo la rete. Poiché ad ogni palo arriva la dorsale, è semplice equilibrare (per quanto possibile) la linea, spostando i gruppi di lampade sulle varie fasi (ogni palo è derivato tutto su una singola fase). Un esempio di possibile assegnazione dei pali alle singole fasi è riportato nella tabella delle cadute di tensione

7.3 Alimentazione da punto di consegna in BT e quadri elettrici

Per il presente lotto di lavori, l'alimentazione elettrica delle linee sarà derivata da quadri elettrici esistenti, già predisposti.

7.4 Dorsali principali

Le linee principali (dorsali) sono in cavo multipolare FG7OR 0,6/1 kV, di sezione decrescente (compatibilmente con la caduta di tensione accettabile e la portata reale del cavo). La protezione contro le sovracorrenti è effettuata con interruttori magnetotermici quadripolari o bipolari che permettono anche il sezionamento onnipolare (compreso il neutro).

7.5 Derivazioni

Le derivazioni dalle dorsali (bipolari o quadripolari) sono sempre in cavo multipolare FG7OR 0,6/1 kV. Tutte le apparecchiature richiedono per l'ultimo tratto finale il tipo di cavo H07RN-F per impedire l'ingresso di umidità.

Per le derivazioni agli apparecchi si utilizza il cavo 2x1,5 mm² (portata 22 A, caduta di tensione circa 0,1%), protetto dai fusibili della morsettiera.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Per le derivazioni bipolari in cavo FG7OR 2x2,5 la portata è circa 27 A (posa interrata – tabella CEI UNEL 35026). Tutte le derivazioni in posa singola interrata sono quindi protette dagli interruttori magnetotermici tarati a 20 A, per qualsiasi lunghezza.

Le portate dei cavi bipolari FG7(O)R 0,6/1 kV 2x2,5 in aria (Tabella CEI UNEL 35024/1) è 30 A, protetti a maggior ragione., sia dall'interruttore nel quadro che da fusibili, se la corrente di intervento è minore di 20 A.

In alcune derivazioni la posa dei circuiti potrebbe essere in fascio, quindi bisogna applicare un coefficiente di diminuzione alle portate e proteggere a monte i cavi.

7.6 Tipo apparecchi luminosi

Il tipo e la descrizione degli apparecchi è indicato nel capitolato e nel computo metrico. Le potenze e gli assorbimenti sono riportati sullo schema elettrico unifilare. In linea di massima sono utilizzati apparecchi dotati delle seguenti lampade:

- a) lampade ai vapori di sodio ad alta pressione (SHP)
- b) lampade a ioduri metallici (*possibili in sostituzione ai vapori di sodio*)
- c) Apparecchi a LED

L'elenco dei centri luminosi e la loro tipologia è indicato sulla "LEGENDA APPARECCHI", nelle schede allegate al Capitolato e nel Computo Metrico. Ogni tipo di centro luminoso è composto da alcune voci di capitolato dei componenti (ad esempio palo, proiettore, lampada, ecc.).

7.7 Rifasamento

L'impianto deve essere eventualmente rifasato ad un fattore di potenza $> 0,9$, mediante equipaggiamento di ciascun centro luminoso con condensatori di adeguata capacità o con sistema centralizzato equivalente se necessario.

8 Comando

8.1 Sistema di comando

Il comando di accensione di tutte le linee avviene in modo automatico tramite sensore crepuscolare che permette il consenso alla chiusura dei contattori di linea. Deve essere possibile il comando manuale indipendente (inserzione/esclusione di ogni linea), per manutenzione ed esigenze particolari. E' possibile il comando delle linee tramite interruttore orario programmabile, per permettere lo spegnimento automatico di alcune parti dell'impianto in base alle esigenze e contenere in tal modo il consumo energetico.

Alcune linee esistenti si possono comandare tramite un regolatore di flusso. La linea J del presente lotto di lavori sarà da collegare al regolatore esistente.

La linea H di illuminazione della rupe prosegue invece la parte della rupe dell'area Lignole, prendendo alimentazione da quadro relativo.

Quadri elettrici e comandi sono già installati e predisposti.

8.2 Stabilizzazione della tensione e parzializzazione del flusso luminoso

La rete di distribuzione alla quale è allacciato l'impianto di illuminazione è soggetta a variazioni di tensione, dovute sia all'ente erogatore, sia alle variazioni di carico stagionali e giornaliere.

Le lampade, per funzionare correttamente, devono essere alimentate con una tensione non superiore al 5% del valore nominale. Spesso nei periodi di funzionamento degli impianti si verificano dei valori molto

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

più elevati. Le sovratensioni sono estremamente critiche per tutte le sorgenti luminose, limitandone la resa sia a livello di durata, sia a livello di flusso luminoso emesso nel tempo.

Per ottenere le massime prestazioni risulta pertanto utile la funzione di stabilizzazione, la quale deve essere realizzata con tecnologie estremamente affidabili e caratterizzate da elevata velocità di recupero delle variazioni di rete.

I **regolatori di flusso luminoso** (stabilizzatori automatici di tensione), permettono di stabilizzare la tensione di linea ed effettuare la regolazione entro il valore nominale ed un valore minimo compatibile con il tipo di lampade utilizzato.

8.3 Risparmio energetico

Il **regolatore di flusso luminoso** si avvia eseguendo automaticamente il ciclo di accensione delle lampade ad un livello di tensione programmabile. In seguito il **controllore di potenza** si porta gradualmente al valore di tensione nominale. Quando per motivi diversi (ad esempio nelle ore notturne per gli impianti di illuminazione stradale) il livello di illuminamento massimo non è più necessario, si può alimentare le lampade con un valore di tensione ridotto al fine di ottenere un rilevante **risparmio energetico**.

Anche il passaggio da regime nominale a ridotto e viceversa avviene in modo graduale. La tensione di uscita dal regolatore di flusso luminoso viene mantenuta stabilizzata entro il $\pm 1\%$. In caso di black-out, al ritorno dell'alimentazione di rete, si ripete il ciclo di accensione delle lampade prima di riportare la tensione di uscita al valore programmato precedentemente.

In particolare i regolatori di flusso luminoso consentono di ottenere risparmi energetici in varie forme:

- Riduzione del flusso luminoso nelle ore di minor traffico, in accordo alla Norma UNI 10439 (Variante 1), ottimizzando perciò il rapporto tra risorse naturali e benefici gestionali.
- Stabilizzazione della tensione di alimentazione delle lampade poiché durante le ore notturne la tensione di rete può salire anche del 5%, maggiorando i consumi e riducendo la vita delle lampade stesse. I regolatori in grado di fornire una tensione stabilizzata dell'1%, ottengono risparmi energetici dell'ordine del 5% circa.

L'utilizzo dei regolatori di flusso luminoso, grazie alle proprie caratteristiche costruttive, consente di ottenere una serie considerevole di vantaggi estremamente importanti per gli impianti che producono un'illuminazione costante e uniforme:

- risparmio energetico grazie alla funzione di stabilizzazione ed alla regolazione della tensione di alimentazione delle lampade programmabile in funzione dell'orario di accensione. Nell'arco di tempo in cui la macchina è in servizio, si possono impostare valori di tensione diversi al fine di ottimizzare al massimo il risparmio energetico ed il livello di illuminamento come previsto dalla normativa in vigore. È possibile personalizzare ogni impianto in relazione alle esigenze specifiche di ogni applicazione;
- possibilità di cicli di accensione su misura per ogni tipologia di lampada con allungamento della vita della lampada;
- la vita delle lampade sul campo aumenta grazie alla funzione di stabilizzazione e di accensione a valori diversi dal nominale. Mediamente si può affermare che con l'ausilio dello regolatore le sorgenti luminose raggiungono i valori di vita utile dichiarati dai costruttori, mantenendo elevati standard qualitativi della luce. Da ciò scaturisce una considerevole riduzione nella frequenza degli interventi di sostituzione delle stesse;
- l'alimentazione corretta delle lampade al sodio, mercurio, ioduri metallici e fluorescenti, rallenta notevolmente il deterioramento delle caratteristiche originali. Le esperienze sul campo hanno dimostrato che il flusso luminoso emesso viene mantenuto a livelli molto elevati anche dopo 16÷20.000 ore di funzionamento reale (lampade al sodio);
- riduzione dei costi di gestione degli impianti, garantendo un ritorno dell'investimento (ROI) in un tempo estremamente veloce;

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

- controllo dell'inquinamento luminoso in ottemperanza alle nuove disposizioni di legge dettate dalla norma UNI 10819;
- l'allungamento della vita delle sorgenti luminose, al contenimento dei costi di smaltimento delle lampade esauste. Consente inoltre di risparmiare una quantità notevole di emissione di CO₂ a seguito della minor energia consumata;
- maggior sicurezza garantita nelle applicazioni stradali dal livello di illuminamento costante ed uniforme.

Le apparecchiature di regolazione e/o stabilizzazione devono essere conformi alle relative Norme tecniche di riferimento e protette contro i radiodisturbi e le perturbazioni nelle reti di alimentazione.

8.4 Linee regolate e stabilizzate

La linea J sarà alimentata per mezzo di un regolatore stabilizzato, per ottimizzare le prestazioni e il risparmio energetico. Il regolatore stabilizzato è già installato e presente (quadro elettrico generale del centro storico).

9 Misure di sicurezza e protezione

9.1 Sezionamento e interruzione

All'inizio dell'impianto deve essere installato un interruttore onnipolare (compreso il neutro) avente anche caratteristiche di sezionatore, associato in genere alla protezione contro le sovracorrenti.

Per sezionare singole parti dell'impianto, per ciascuna delle relative derivazioni è inserito un sezionatore/interruttore. Deve essere sempre garantita l'interruzione del conduttore neutro. Particolare cura deve essere posta nell'adozione di mezzi idonei per prevenire la messa in tensione intempestiva dell'impianto di illuminazione. E' vietato mettere in opera dispositivi di protezione che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente i conduttori di fase.

9.2 Protezione contro il cortocircuito

La protezione contro le correnti di corto circuito si effettua mediante i criteri della sezione 434 della norma CEI 64-8. Gli interruttori automatici idonei per la protezione contro il sovraccarico garantiscono anche la protezione contro il cortocircuito, purché dotati di potere d'interruzione adeguato (maggiore della corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione).

Le derivazioni ai centri luminosi, se di sezione inferiore a quella della linea dorsale di distribuzione e non protette contro il sovraccarico dall'interruttore a monte, devono essere protette singolarmente con fusibili. Si adotta un fusibile posto in apposita morsettiera alla base del palo o in cassetta di derivazione. In generale si è cercato di prevedere derivazioni con sezioni protette dall'interruttore a monte, per evitare di effettuare complicati calcoli di verifica della relazione $i^2t \leq K^2S^2$, per un corto circuito a fine linea.

9.3 Protezione contro il sovraccarico

Gli impianti di illuminazione non sono soggetti a sovraccarico, ma si è scelto di proteggerli ugualmente, per maggior sicurezza, potendo in tal modo prescindere dalla lunghezza massima della linea protetta contro il corto circuito a fondo linea (CEI 64.8 art. 435.1).

9.4 Interruttori automatici (protezione contro sovraccarico e cortocircuito)

La corrente nominale degli interruttori automatici è scelta in relazione alla portata del cavo, secondo la formula $I_n \leq I_z$. La protezione contro il sovraccarico e il corto circuito in tal modo è assicurata per ogni lunghezza del circuito.

Si utilizzano interruttori automatici magnetotermici con caratteristica C, dotati di potere di interruzione adeguato, adatti per carichi di tipo resistivo-induttivo tipici degli impianti di illuminazione pubblica.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Poiché le lampade a scarica utilizzate assorbono durante l'accensione una corrente più elevata che a regime, per evitare interventi intempestivi la corrente I_N degli interruttori deve essere circa **doppia** per le lampade ad alogenuri metallici e **tripla** per quelle al vapore di sodio ad alta pressione.

9.5 Fusibili

I fusibili sono utilizzati per proteggere le derivazioni agli apparecchi di illuminazione. I fusibili devono essere del tipo a cartuccia per uso generale (gG), di corrente nominale I_n tale che $I_b \leq I_n \leq 0,9I_z$, dove I_b è la corrente assorbita dal carico e I_z la portata del cavo da proteggere. Si utilizzano fusibili da 6 A, tenendo conto della corrente di assorbimento all'accensione degli apparecchi. Il fusibile deve essere scelto in modo da essere selettivo con l'interruttore a monte. Il cavo della derivazione (FG7OR 2x1,5 mm²) è protetto abbondantemente.

9.6 Protezione contro i contatti indiretti

9.6.1 Tipi di protezione contro i contatti indiretti

Tutte le masse devono essere protette contro i contatti indiretti.

La protezione si può effettuare secondo uno dei seguenti metodi:

1. Protezione mediante componenti elettrici di classe II (art. 413 norma CEI 64-8). Le condutture in cavo non devono avere guaina metallica e presentare una tensione nominale superiore di un gradino rispetto a quella necessaria al sistema elettrico. La protezione di classe II si realizza utilizzando apparecchi di illuminazione e componenti di questa classe (con marchio di certificazione) e cavi di classe II rispetto al sistema adottato. Sono idonei i cavi con tensione nominale $U_0/U = 0,6/1$ kV. I cavi devono essere protetti adeguatamente nel foro di ingresso dei pali, se metallici. È questo il metodo che si intende utilizzare.
2. Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Le masse da proteggere possono essere messe a terra utilizzando anche dispersori indipendenti, purché le masse stesse non siano simultaneamente accessibili. Poiché l'utilizzo di interruttori differenziali potrebbe dare luogo a interventi intempestivi per sovratensione di origine atmosferica, con conseguente mancata disponibilità del servizio di illuminazione, l'applicazione di questo metodo è da valutare. Ne possono conseguire infatti disservizi e condizioni di pericolo, soprattutto in impianti non presidiati.
3. Protezione mediante separazione elettrica.

9.6.2 Criterio di protezione delle masse adottato contro i contatti indiretti

Tutte le masse saranno protette contro i contatti indiretti utilizzando tutti componenti elettrici di **classe II**, senza interruzione automatica dell'alimentazione (in pratica senza interruttori differenziali). La protezione di classe II si realizza utilizzando apparecchi di illuminazione e componenti di questa classe (con marchio di certificazione) e cavi di classe II rispetto al sistema adottato (no guaina metallica). Sono idonei i cavi con tensione nominale $U_0/U = 0,6/1$ kV. I cavi devono essere protetti adeguatamente nel foro di ingresso dei pali, se metallici.

La protezione contro le tensioni di contatto, che in caso di guasto possono interessare le masse metalliche che non sono normalmente in tensione, è assicurata quindi tramite l'impiego di componenti dotati di doppio isolamento e/o isolamento rinforzato.

I particolari requisiti caratteristici dei componenti in Classe II sono relativi alla presenza di un isolamento supplementare oltre a quello fondamentale strettamente funzionale, alle distanze in aria, alla protezione meccanica e alla accessibilità delle parti in tensione.

In caso di presenza di apparecchiature o circuiti non in classe II (ad esempio il regolatore di flusso) sarà effettuata localmente la protezione delle masse contro i contatti indiretti mediante interruzione

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

automatica dell'alimentazione (con interruttore differenziale di tipo a riarmo automatico e impianto di terra).

Poiché il quadro elettrico si trova all'interno di un edificio apposito, l'impianto di terra sarà lo stesso di quello dell'immobile.

9.7 Protezione contro i contatti diretti

L'impianto è disposto in modo che persone e animali non possano venire a contatto con parti in tensione se non previo smontaggio o distruzione di elementi di protezione. Gli elementi di protezione smontabili installati a meno di 3 metri dal suolo devono potersi rimuovere solo con l'ausilio di chiavi o attrezzi.

Le parti attive poste a meno di 3 metri dal suolo, anche se protette da barriere rimuovibili solo tramite attrezzo o chiave, devono essere inaccessibili al dito di prova (IPXXB).

9.8 Protezione contro i fulmini

La protezione dei sostegni contro i fulmini non è necessaria (Norma CEI 64-8 art. 714.35).

9.9 Protezione contro le lesioni meccaniche

I componenti degli impianti esposti al pericolo di prevedibili lesioni meccaniche devono essere adeguatamente protetti.

Gli accorgimenti costruttivi sono da studiarsi caso per caso; in particolare è richiesta una protezione meccanica per i cavi fuori terra disposti a meno di 3 m dal suolo e per i cavi installati a portata di mano rispetto ai piani di calpestio dei luoghi ordinariamente percorsi da persone.

Essendo tutte le linee interrate o in palo, non sono necessari ulteriori provvedimenti.

9.10 Distanziamento degli impianti dai conduttori di linee elettriche

Le distanze dei sostegni e dei relativi apparecchi di illuminazione dai conduttori di linee elettriche o di telecomunicazione aeree (conduttori supporti sia con catenaria verticale sia con catenaria inclinata di 30° sulla verticale, nelle condizioni indicate nel D.M. 21/03/1988), in accordo con la Norma CEI 64-8/714, non devono essere inferiori a:

- 1 m dai conduttori di linee di classe 0 e I; il distanziamento minimo può essere ridotto a 0,5 m quando si tratti di linee con conduttori in cavo aereo ed in ogni caso nell'abitato.
- $(3 + 0,015 U)$ m dai conduttori di linee di classe II e III, dove U è la tensione nominale della linea espressa in kV. Il distanziamento può essere ridotto a $(1 + 0,015 U)$ m per le linee in cavo aereo e, quando ci sia l'accordo fra i proprietari interessati, anche per le linee con conduttori nudi.

I distanziamenti sopraindicati si riferiscono unicamente al corretto funzionamento dell'impianto. Distanze maggiori sono, in genere, necessarie per tenere conto della sicurezza degli operatori addetti alla manutenzione.

9.11 Distanziamento degli impianti dal piano viabile e dai limiti della carreggiata

La distanza minima dei sostegni e di ogni altra parte dell'impianto dai limiti della carreggiata deve essere tale da non creare interferenze con il traffico veicolare. Inoltre, i sostegni devono essere posizionati in modo da non costituire impedimento a persone su sedia a ruote.

Per l'altezza minima dal piano della carreggiata dei componenti dell'impianto di illuminazione, occorre riferirsi al Codice della Strada.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

La protezione e il di stanziamento dei pali di illuminazione devono essere conformi ai decreti ministeriali DM 03/06/1998, DM 223 del 18/02/1992, DM 15/10/1996, DM 21/06/2004.

Fino ad un'altezza di **5 m** dal piano della pavimentazione stradale, fermo restando il rispetto di quanto prescritto dal Codice della Strada e dai Regolamenti locali, ogni parte dell'impianto è opportuno che sia posizionata:

- a) Per le strade urbane dotate di marciapiedi con cordatura, ad una distanza orizzontale di almeno 0,5 m dal limite della carreggiata. Distanze inferiori possono essere adottate, in accordo con il proprietario della strada, tenendo conto di delle disposizioni di legge e/o comunali, della situazione ambientale e del traffico veicolare consentito.

In ogni caso occorre che la posizione del palo sia scelta in modo da assicurare un passaggio della larghezza minima di 0,9 m verso il limite esterno della sede stradale. Per i marciapiedi di larghezza insufficiente, il sostegno va installato, per quanto possibile, al limite della sede stradale. Il sostegno deve essere addossato il più possibile al limite esterno della sede stradale. Se il marciapiede è di larghezza ≤ 1 m esaminare la possibilità di fissare gli apparecchi di illuminazione direttamente sulla facciata degli edifici confinanti.

Il palo per illuminazione non deve costituire una barriera architettonica: occorre garantire un passaggio della larghezza minima di 0,9 m affinché i pedoni possano transitare senza dover scendere sulla carreggiata.

Al riguardo occorre ricordare che, ai sensi del *Decreto Ministeriale n. 236 del 14/06/89 «Regolamento di attuazione dell'Art. 1 della Legge 9 Gennaio 1989, n.13 – Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata ed agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche»-Art. 8.2.1 «Il percorso pedonale deve avere una larghezza minima di 90 cm per consentire il passaggio di persone su sedia a ruote...»*, come inoltre richiamato nell'Art. 9 del DPR 24 Luglio 1996, n. 503. In conseguenza la collocazione dei pali per illuminazione, nelle adiacenze degli accessi principali di tali aree, deve tener conto della prescrizione di cui sopra.

- b) Per le strade extraurbane e per quelle urbane prive di marciapiedi con cordatura, ad una distanza orizzontale di almeno 1,4 m.

Distanze inferiori possono essere adottate nel caso che la configurazione della banchina non consenta il distanziamento sopra indicato; distanze maggiori devono essere adottate nel caso di banchine adibite anche alla sosta dei veicoli.

L'altezza del segnale di attraversamento pedonale deve essere almeno 5 m.

10 Linee di distribuzione

10.1 Tipo di cavi

I cavi per la distribuzione dell'energia ai centri luminosi sono del tipo **FG7(O)R 0,6/1 kV**: cavo uni/multipolare isolato in gomma G7 con guaina in PVC (non propagante l'incendio), per uso esterno e posa interrata. Si rammenta che negli impianti in classe II sono obbligatori cavi con tensione nominale $U_0/U = 0,6/1$ kV.

10.2 Criteri di scelta delle sezioni dei cavi

La sezione e la portata dei cavi dipendono dalla corrente di impiego del circuito (I_b), dalle condizioni di posa, dalla vicinanza di altri circuiti (fascio o strato), dalla corrente nominale della protezione (I_n), dalla lunghezza del circuito e dalla caduta di tensione.

Per i tipi di pose si fa riferimento alla Tabella 52.C della Norma CEI 64.8. Specificatamente si utilizzeranno in pratica le pose: 3A, 11, 61 (planimetria).

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

- **3A:** *Cavo multipolare in tubo in aria, fissato su parete o distanziato (derivazioni agli apparecchi all'interno dei pali).*
- **11:** *Cavo multipolare posati su pareti.*
- **61:** *Cavo unipolare con guaina o multipolare in tubi o cunicoli interrati.*

Le portate dei cavi in sono calcolate utilizzando i metodi e le tabelle proposte dalle norme CEI 64.8, UNEL 35024/1 per i cavi isolati in PVC o EPR in posa non interrata. Le portate sono calcolate in funzione della posa e del numero di circuiti vicini (fascio), ad una temperatura di riferimento di 30°C.

Per la posa interrata si fa riferimento alle tabelle e metodi delle norma CEI UNEL 35026, tenendo conto della resistività e della temperatura del terreno, del numero di circuiti vicini (fascio) e della profondità di posa.

Le cadute di tensione (è ammessa una caduta di tensione massima del 5% in ogni punto dell'impianto) sono calcolate riferendosi ai metodi e alle tabelle CEI UNEL 35023-70.

La sezione dei cavi è scelta soprattutto in base alla caduta di tensione, perché più determinante della portata, tenendo conto delle lunghezze dei cavi (centinaia di metri).

I risultati dei calcoli, non esplicitati, sono nelle tabelle allegate agli schemi unifilari.

10.3 Linee in cavo aeree

Nell'esecuzione delle linee aeree in cavo devono essere tenute in considerazione le caratteristiche costruttive indicate nei disegni di progetto, in particolare il percorso, le sezioni, il numero di conduttori.

Le linee in cavo devono essere fibbiate con fascette poste a distanze non superiori a 25 cm, o con sistemi equivalenti e devono essere ben tesate, senza presentare rigonfiamenti o attorcigliamenti tra loro e con la fune portante.

Nei punti di derivazione si deve lasciare una ricchezza di cavo e si deve sagomare lo stesso, onde non consentire l'ingresso dell'acqua nelle cassette. I percorsi devono essere sempre verticali od orizzontali.

Nel caso di cavi singoli graffettati su pareti o strutture murarie, l'interdistanza tra i punti di fissaggio non deve superare i 25 cm. Le graffette devono essere fissate con tasselli ad espansione, chiodi, chiodi a sparo e nel caso di strutture metalliche, viti autofilettanti.

Devono essere inoltre rispettate le prescrizioni relative alle distanze, in conformità con le Norme CEI 11-4.

Le linee in cavo aereo devono essere inoltre conformi al D.M. 21 marzo 1988 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne" ai sensi della Legge 28 giugno 1986 n.339.

10.4 Linee interrate

Per la posa interrata dei cavi (tipo 61 secondo la tabella 52C della norma CEI 64-8) si applica la norma CEI 11-17, la quale richiede per tutti i cavi una protezione meccanica supplementare.

Le linee interrate devono essere posate in tubazioni protettive resistenti alle prevedibili sollecitazioni meccaniche del traffico veicolare, dei carichi statici o degli attrezzi manuali da scavo, secondo i criteri della norma CEI 23-46 e varianti (posa tipo N, secondo la norma CEI 11-17).

I tubi protettivi del tipo N 450 o 750 (PVC di tipo corrugato pesante, conformi alla norma CEI 23-46) possono essere interrati direttamente senza protezioni meccaniche aggiuntive, anche a meno di 50 cm di profondità. Il codice di classificazione (che indica la forza minima in Newton con la quale i tubi vengono provati) deve essere presente sui tubi installati.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Le condutture in tubazioni protettive o cavidotti non devono soddisfare particolari distanze di rispetto da manufatti, tubazioni metalliche di altri servizi o altro. In genere i cavi di energia devono essere posti al di sotto dei cavi di telecomunicazione. Secondo la Norma CEI 11-47, è raccomandabile la posa interrata degli impianti tecnologici sotto i marciapiedi o banchine stradali.

La rete di distribuzione interrata dell'alimentazione (tubazioni e pozzetti) è illustrata indicativamente sulla planimetria allegata.

10.5 Cavi interrati

Tutti i cavi interrati devono essere muniti di guaina, per proteggere le anime del cavo dalle sollecitazioni meccaniche durante la posa e soprattutto per preservarle dal contatto con l'acqua (CEI 64-8/5 art. 521, CEI 11-17 art. 2.3.11). Sono adatti per la posa interrata i cavi con tensione nominale 0,6/1kV del tipo FG7(O)R oppure RG7(O)R, conformi alle norme CEI 20-13, CEI 20-22II.

10.6 Portata dei cavi interrati

Per il calcolo delle portate dei conduttori si utilizza la Tabella CEI UNEL 35026 (2000), fascicolo 5777. La portata dei cavi interrati dipende dalla profondità di posa, dalla resistività termica, dalla temperatura del terreno, e dalla vicinanza di altre condutture elettriche.

La profondità di posa (in genere 50/80 cm) influisce poco sulla portata, e per semplicità e a favore della sicurezza si assume una profondità media di 0,8 m.

La resistività del terreno è l'indice della capacità di trasmissione del calore del terreno. Più elevata è la resistività, maggiore è la difficoltà di un cavo a smaltire il calore nel terreno circostante, e minore è quindi la portata. Questo parametro influenza notevolmente la portata dei cavi interrati, dipende dal tipo di terreno e dal suo grado di umidità, ed è l'incognita maggiore nel calcolo delle portate.

A favore della sicurezza si assume un valore di resistività termica del terreno di 2 K m/W.

La temperatura del terreno dipende dalla profondità di posa e dalle condizioni climatiche. Si assume una temperatura di 20°C.

La portata dei cavi infine si riduce notevolmente in caso di circuiti elettrici vicini. I cavi interrati sono termicamente indipendenti solo se posati ad una distanza maggiore di 1 metro.

Per la posa in fascio di cavi in un unico tubo o condotto, si utilizza lo stesso metodo adottato dalla Tabella CEI UNEL 35024/1 per i cavi non interrati.

I ₀	Portata [A] - FG7OR 0,6/1 kV - multipolari						
	Sezione [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10	16
Tipo circuito	Monofase [A]	21	27	35	45	60	78
	Trifase [A]	17	23	29	37	50	66

temperatura 20°C

N. tubi 1

profondità 0,8m

resistività termica 2K m/W

fascio

k₁ = 1

k₂ = 1

k₃ = 1

k₄ = 1

k₅ = Tabella sotto

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

		Portata [A] - FG7OR 0,6/1 kV - multipolari						
		Sezione [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10	16
N. circuiti		Mono/tri						
	2	2	16,8	21,6	28,0	36,0	48,0	62,4
K5 = 0,8		3	13,6	18,4	23,2	29,6	40,0	52,8
	3	2	14,7	18,9	24,5	31,5	42,0	54,6
K5 = 0,7		3	11,9	16,1	20,3	25,9	35,0	46,2
	4	2	13,7	17,6	22,8	29,3	39,0	50,7
K5 = 0,65		3	11,1	15,0	18,9	24,1	32,5	42,9
	5	2	12,6	16,2	21,0	27,0	36,0	46,8
K5 = 0,6		3	10,2	13,8	17,4	22,2	30,0	39,6
	6	2	12,0	15,4	20,0	25,7	34,2	44,5
K5 = 0,57		3	9,7	13,1	16,5	21,1	28,5	37,6

$$\text{Portata cavo: } I = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

Ad esempio, per un cavo bipolare (monofase) da 2,5 A, FG7OR 0,6/1 kV, che ha una portata in posa interrata $I_0 = 27$ A, in fascio con altri circuiti, la portata I diminuisce in questo modo:

2 circuiti: 21,6 A

3 circuiti: 18,9 A

10.7 Correnti di impiego dei centri luminosi

La corrente di impiego I_b è quella che fluisce in un circuito nel servizio ordinario.

Circuito monofase: $I_b = P / (V \cdot \cos\varphi)$

Circuito trifase: $I_b = P / (1,73 \cdot V \cdot \cos\varphi)$

P è la potenza del carico in W.

V è la tensione nominale del carico in V (230 V nei sistemi monofasi, 400 V in quelli trifase).

$\cos(\varphi)$ è il fattore di potenza del carico.

Nei sistemi monofase a 230 V rifasati ($\cos\varphi = 0,9$) la corrente di impiego diventa:

$I_b = 4,83 \cdot P$, con P in kW,

Nei sistemi trifase 230/400 V rifasati ($\cos\varphi = 0,9$):

$I_b = 1,6 \cdot P$, con P in kW.

Le lampade a scarica hanno bisogno di un alimentatore (reattore) opportunamente rifasato, e quindi assorbono una corrente maggiore dovuta alla potenza dissipata dall'alimentatore stesso.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Il progetto prevede l'utilizzo di lampada a scarica a vapori di sodio (alta pressione) e lampade ad alogenuri metallici (ioduri). Indicativamente quindi si hanno i seguenti assorbimenti (230 V):

Potenza nominale della lampada [W]	Potenza dissipata dall'alimentatore [W]	Potenza totale assorbita [W]	Corrente assorbita [A]
Lampade vapori di sodio alta pressione (Sodio A.P. o SHP) $\cos\phi = 0,9$			
70	17	87	0,42
100	18	118	0,57
150	22	172	0,83
250	27	277	1,34
400	38	438	2,12
Lampade ad alogenuri (ioduri metallici) $\cos\phi = 0,9$			
150	22	172	0,83
250	27	277	1,34

La corrente di un circuito di illuminazione è massima all'inizio della linea e decresce dopo ogni centro luminoso, fino a coincidere con la corrente assorbita dall'ultima lampada, in fondo alla linea.

Nei circuiti trifase, le lampade devono essere collegate ciclicamente tra le fasi e il neutro, in modo che una terna di lampade costituisca un carico trifase equilibrato (a stella). Se le lampade non sono multipli di tre, le correnti non sono uguali sulle tre fasi, e il sistema è squilibrato. In questo caso si calcola per semplicità la corrente di impiego considerando un numero di lampade multiplo di tre in eccesso rispetto al numero effettivo di lampade.

10.8 Cadute di tensione

Le cadute di tensione devono essere mantenute entro il 5% della tensione nominale (norme CEI 64-8). L'efficienza delle lampade a scarica (lm/W) diminuisce con la tensione, quindi è opportuno limitare le cadute di tensione.

Per linee con carico all'estremità (ad esempio il tratto di linea dal quadro generale al primo centro luminoso), la caduta di tensione si calcola con il metodo tradizionale.

Per le linee con carico distribuito (ad esempio gli impianti di illuminazione pubblica), la corrente di impiego diminuisce procedendo verso il fondo della linea. Quindi la linea può essere realizzata con cavi a sezione decrescente.

Nelle linee trifase, non essendo mai il carico perfettamente equilibrato (poiché all'interno di una terna di lampade sul neutro circola la corrente di ritorno di una lampada) e essendo presenti armoniche dovute alle lampade a scarica, è opportuno utilizzare conduttori di neutro di sezione uguale a quella di fase e limitare al massimo le cadute di tensione (calcolate come se il carico fosse equilibrato).

Si ritiene un buon compromesso una caduta di tensione massima sulle lampade di circa 3,5/4%.

La corrente massima assorbita dagli apparecchi utilizzati è 0,83 A (lampade da 150 W), per cui la caduta di tensione con cavi 2x1,5 mm² è circa lo 0,1% (circa 10 metri di derivazione).

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Supponendo che ci sia una caduta di tensione 0,1% sul montante, e 0,1% sul collegamento finale (derivazione), bisogna mantenere la caduta di tensione sulla linea trifase principale entro il 3,8%, per ottenere un 4% totale decisamente accettabile.

Poiché l'installazione è una serie di centri luminosi a distanza piuttosto regolare, si può considerare il carico uniformemente DISTRIBUITO.

La scelta delle sezioni di una linea trifase, con carichi distribuiti uniformemente sulle tre fasi, si ottiene mediante calcoli o utilizzo di tabelle.

Si considera "centro di carico" il centro stella costituito da tre centri luminosi. Poi, per ogni campata (distanza tra due centri di carico) si calcola la caduta di tensione nelle campate, a passi successivi, in base alla potenza a valle del centro di carico. La somma delle cadute di tensioni in percentuale non deve superare il 4%.

La caduta di tensione su una tratta è calcolata riferendosi ai metodi e alle tabelle CEI UNEL 35023-70.

La formula utilizzata per verificare le cadute di tensione nei cavi trifase con carico uniforme è:

$$dU = \sqrt{3} \cdot I_b \cdot L \cdot [R \cos(\varphi) + X \sin(\varphi)] \quad [\text{Volt}]$$

Dove I_b è la corrente del carico, L è la lunghezza della tratta, R e X sono la resistenza e la reattanza del cavo utilizzato (valori tabellari), e $\cos(\varphi)$ è il fattore di potenza del carico.

Si ottengono i seguenti valori, per $\cos(\varphi) = 0,9$:

$$\text{Cavo multipolare } 4 \times 16 \text{ mm}^2: dU = 2,29 \cdot 10^{-3} \cdot I_b \cdot L$$

$$\text{Cavo multipolare } 4 \times 10 \text{ mm}^2: dU = 3,60 \cdot 10^{-3} \cdot I_b \cdot L$$

$$\text{Cavo multipolare } 4 \times 6 \text{ mm}^2: dU = 5,96 \cdot 10^{-3} \cdot I_b \cdot L$$

La caduta di tensione percentuale si ottiene con la formula:

$$dU\% = dU \cdot 100 / U_t \quad \text{dove } U_t \text{ è la tensione concatenata (400 V).}$$

$$\text{Ad esempio, un cavo } 4 \times 10 \text{ mm}^2, \text{ con } I_b = 10 \text{ A, } L = 60 \text{ m} \rightarrow dU = 2,16 \text{ V, cioè } dU\% = 0,54\%.$$

La compensazione delle correnti sulle 3 fasi non è totale, perché all'interno di una singola terna di centri luminosi (pali) sul neutro circola la corrente di ritorno di un palo, e le armoniche dovute agli apparecchi. Quindi è opportuno contenere la caduta di tensione entro il 4%.

Le sezioni sono quindi un compromesso con la caduta di tensione accettabile e la portata in rapporto alla protezione magnetotermica a monte.

Per le linee monofase la formula diventa:

$$dU = 2 \cdot I_b \cdot L \cdot (R \cos(\varphi) + X \sin(\varphi)) \quad [\text{Volt}].$$

10.9 Giunzioni

Le giunzioni dei cavi di linea e delle derivazioni devono essere effettuate a regola d'arte in CLASSE II, attraverso accessori adeguati, ad esempio mediante utilizzo di giunzione derivate isolate ("muffole") con il metodo a resina colata o gel, o per mezzo di materiali termorestringenti, di scatole di derivazione e morsettiere idonee. Nel caso sia necessario l'utilizzo di muffole interrate, si consiglia l'utilizzo di **giunzioni rapide in gel per derivazioni multiple**, idonee per i cavi estrusi 0,6/1 kV.

L'isolamento primario è costituito da un gel polimerico reticolato in un involucro plastico isolante robusto. Il giunto realizzato è il classe II secondo norma CEI 64-8, grado di protezione IP68, conforme ai requisiti meccanici, elettrici e di sigillatura necessari per la posa interrata (CEI 20-33, 20-63).

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Utilizzando apparecchi luminosi e cavi certificati in classe II dal costruttore, l'unico componente che può pregiudicare la sicurezza e l'efficienza dell'impianto è la giunzione in linea o in derivazione dei conduttori.

Per questo, la Direzione Lavori dovrà usare particolare attenzione e intransigenza nel controllo dell'applicazione di giunzioni idonee da parte dell'installatore, il quale dovrà strettamente attenersi alle disposizioni di progetto e alle regole di installazione per fornire un lavoro a regola d'arte.

In questo progetto è prevista l'interruzione della dorsale in ogni palo o scatola di derivazione, per cui non dovrebbero essere necessarie giunzioni interrate, che quindi non sono state computate. Eventualmente, fosse necessario o più razionale (ad esempio per evitare di effettuare l'entra esci in pali "isolati" e quindi portarvi solo un cavo senza il ritorno), il prezzo della giunzione viene ampiamente compensato dai metri di cavo risparmiato.

Alcune apparecchiature sono soggette a sbalzi di temperatura e pressione che favoriscono l'ingresso di umidità all'interno, anche attraverso il cavo. In questo caso i costruttori raccomandano di utilizzare nell'ultimo tratto un cavo H07RN-F, con opportuni pressacavi e giunzioni stagne che costituiscono una barriera contro l'umidità. L'assenza di opportuni accorgimenti pregiudica la vita dell'apparecchio.

10.10 Raggio di curvatura dei cavi

Il raggio minimo di curvatura dei cavi deve essere almeno 12D (D: diametri esterno dei cavi). Il raggio può essere diverso su precisa indicazione del costruttore del cavo stesso.

11 Materiali ed apparecchi

Le apparecchiature e i componenti devono essere rispondenti alle relative norme CEI e alla legislazione vigente.

11.1 Protezione contro l'ingresso di corpi solidi e di acqua

Il grado di protezione dei componenti contro la penetrazione dei corpi solidi e liquidi deve essere:

- Componenti installati in pozzetto con drenaggio: **IPX7**
- Componenti in acqua continua, interrati o installati in pozzetto senza drenaggio: **IPX8**
- Altri componenti: **IP43**

In ogni caso, si raccomanda l'utilizzo di gradi IP maggiori di quelli minimi strettamente prescritti dalle norme, cioè almeno **IP55**.

11.2 Isolamento dei componenti

Il livello di isolamento verso terra dei componenti elettrici non deve essere inferiore ai valori seguenti ($U < 0,4$ kV, 50 Hz):

- isolamento rinforzato (Classe II): 4 kV (cavi: $U_0/U = 0,6/1$ kV)

11.3 Caratteristiche principali dei sostegni

La stabilità dei sostegni dei centri luminosi e delle linee aeree deve essere verificata secondo i metodi delle norme UNI EN 40 e CEI 11-4.

12 Impianto di terra

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

L'impianto è completamente in classe II, per cui non necessita di impianto di terra. I pali metallici NON devono essere collegati a terra, e nessuna autorità può richiederlo per maggior sicurezza. Gli impianti di classe II, secondo le norme internazionali hanno un livello di sicurezza riconosciuta non inferiore certamente agli impianti di classe I (con impianto di terra e protezione differenziale).

Potrebbe essere necessario collegare all'impianto di terra le masse del regolatore di flusso se non in classe II, come già spiegato in precedenza.

13 Collaudo

Il collaudo dell'impianto si esegue secondo le modalità della Norma CEI 64-8.

Specificatamente il collaudo consiste nelle seguenti prove:

- Esame a vista delle marcature richieste sui componenti (marchi CE, IMQ e simili)
- Esame a vista per verificare tutti i componenti di classe II siano provvisti di simbolo relativo o di certificazione.
- Esame a vista per verificare che tutti i materiali utilizzati siano adeguati al Capitolato e installati a regola d'arte.
- Esame a vista dell'esistenza della prescritta documentazione fotometrica per ogni apparecchio di illuminazione.
- Esame a vista di verifica esistenza documentazione di certificazione dei sostegni (Norma UNI EN 40).
- Esame a vista rispondenza tra schema elettrico e configurazione dell'impianto.
- Misura della resistenza d'isolamento dell'impianto, secondo le norme CEI 64-8
- Misura della caduta di tensione secondo le norme CEI 64-8
- Misura e verifica dei risultati illuminotecnici progettuali allegati al capitolato (Verifiche illuminotecniche).

14 Note

Per quanto non specificato direttamente nella documentazione di progetto si rimanda alle normative tecniche applicabili (soprattutto alla Norma CEI 64.7) e alla Direzione Lavori.

15 Schema elettrico (Suddivisione circuiti)

15.1 Linea J

Accensione illuminazione da quadro elettrico generale centro storico verso area rupe. La dorsale è in tubazione interrata posata in fascio con altri circuiti, in cavo FG7OR 4x6 mm².

La sezione è scelta in modo da limitare la caduta di tensione e in base all'interruttore magnetotermico che protegge la linea. La linea è sotto il regolatore di flusso.

La dorsale principale si attesta su tutte le morsettiere dei pali in entra-esci, senza bisogno di giunzioni nei pozzetti. La linea è interrotta quindi in ogni palo. Eventualmente, nel caso fosse più comodo o razionale, è possibile effettuare giunzioni interrate in classe II.

La dorsale è in tubazione interrata posata in fascio con altri 2/3 circuiti, in cavo FG7OR 4x6 mm², portata 26 A (37 A in posa singola). La sezione è scelta in modo da limitare la caduta di tensione e in base all'interruttore magnetotermico che protegge la linea. Nelle derivazioni da pozzetto a palo la dorsale è in posa con un altro circuito (entra-esci), quindi la porta si riduce dell'80%, per cui scende a 31 A. Il cavo è comunque protetto per tutta la lunghezza dall'interruttore a monte. La caduta di tensione è contenuta entro il 4%. La linea è regolata dal regolatore stabilizzatore di flusso. Ogni apparecchio è protetto singolarmente dai fusibili nella morsettieria.

La linea potrà essere ampliata in futuro, ma fino al limite di potenza impegnata del regolatore di flusso esistente.

LINEA J **TRIFASE con regolatore di flusso**

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

P_{tot} [W]	I_{tot} [A]	APP.	FASE	TIPO APP.	P_{app} [W]	I_{app} [A]
2503W	3A	J1	R	S2	259	1,25
		J2	S	S1	172	0,83
		J3	T	S3	87	0,42
		J4	R	S3	87	0,42
		J5	S	S1	87	0,42
		J6	T	S2	259	1,25
		J7	R	S2	259	1,25
		J8	S	S2	259	1,25
		J9	T	S2	259	1,25
		J10	R	S2	259	1,25
		J11	S	S1	172	0,83
		J12	T	S1	172	0,83
		J13	R	S1	172	0,83

15.2 Linea K

La linea K (monofase) del centro storico è dedicata all'illuminazione d'accento nell'area rupe (linea non collegata a regolatore di flusso). Nel precedente lotto di lavori la linea alimentava solo i segnapasso della scala di accesso a Largo Piervisani; ivi deve essere prolungata ad alimentare i corpi illuminanti di accento nell'area ancora da realizzare.

La linea parte dal quadro elettrico generale del centro storico (Municipio) e si attesta in una scatola di derivazione a parete in largo Piervisani, in prossimità della scala verso la rupe.

La potenza installata totale è al massimo di circa 0,5 kW – 2,5 A. La corrente nominale dell'interruttore a monte non può essere minore di circa tre volte la corrente a regime (10 A).

La dorsale principale si attesta su tutte le morsettiere dei pali o delle scatole di derivazione per le salite a parete in entra-esci, senza bisogno di giunzioni nei pozzetti. La linea è interrotta quindi in ogni palo/scatola di derivazione. Eventualmente, nel caso fosse più comodo o razionale, è possibile effettuare giunzioni interrato in classe II.

La dorsale è in tubazione interrata posata in fascio con altri 2/3 circuiti, in cavo FG7OR 2x4 mm², portata 24 A (35 A in posa singola). La sezione è scelta in modo da limitare la caduta di tensione e in base all'interruttore magnetotermico che protegge la linea. Nelle derivazioni da pozzetto a palo la dorsale è in posa con un altro circuito (entra-esci), quindi la porta si riduce dell'80%, per cui scende a 28 A. Il cavo è comunque protetto per tutta la lunghezza dall'interruttore a monte. La caduta di tensione è contenuta entro il 4%. La linea non è regolata dal regolatore stabilizzatore di flusso. Ogni apparecchio è protetto singolarmente dai fusibili nella morsettiere.

15.3 Linea H

Accensione illuminazione rupe con apparecchi a LED. La potenza installata totale (cioè tutti gli apparecchi previsti) è di circa 1,024 kW – 5 A (monofase).

54 apparecchi L1 sono già stati installati sulla rupe del lotto "area Lignole". Nel precedente e contiguo lotto "Rupe IV stralcio" sono installati 52 apparecchi tipo L1, da 8 W. Per l'attuale ed ultimo lotto, che conclude l'illuminazione della rupe, saranno necessari ancora 32 apparecchi per un totale di 138 (1,104 kW).

La dorsale principale si attesta su tutte le morsettiere delle scatole di derivazione in entra-esci.

La dorsale è in tubazione interrata a partire dal quadro elettrico (area Lignole), posata in fascio con altri 2/3 circuiti, in cavo FG7OR 2x4 mm², portata 24 A. La sezione è scelta in modo da limitare la caduta di tensione e in base all'interruttore magnetotermico da 10 A che protegge la linea anche in fascio.

Il primo apparecchio alimentato si trova a circa 100 metri dal quadro elettrico (caduta di tensione 1,8% circa). Da qui la linea si divide e la dorsale, in cavo FG7OR 2x2,5 (portata 30 A), alimenta verso il parcheggio 40 apparecchi. Si tratta di partire dall'ultimo apparecchio installato nel contiguo "Rupe IV stralcio" e proseguire la linea. La caduta di tensione totale alla fine della linea è contenuta entro il 4,1%.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

Nel presente lotto di lavori si dovrà quindi proseguire la linea esistente (progetto area Lignole+ Rupe IV stralcio), alimentando ulteriori 32 apparecchi.

16 Note

Per quanto non specificato direttamente nella documentazione di progetto si rimanda alle normative tecniche applicabili (soprattutto alla Norma CEI 64.7) e alla Direzione Lavori.

17 Bibliografia

- Carca M.: *"Illuminare un centro storico – itinerari progettuali"*, LUCE (04/00)
- Carca M.: *"L'illuminazione artificiale di monumenti nelle sue esigenze tecniche e formali – un caso applicativo: il Castello Sforzesco di Milano"* – Tesi di Laurea – Milano 1991.
- Carca M.: *"Illuminare un centro storico"* (atti del convegno nazionale AIDI "Evoluzione culturale e tecnologica nell'ambito illuminotecnico – Genova, 1999).
- Carca M.: *"Illuminazione di parchi e giardini"* (atti del convegno AIAPP "Criteri per una corretta illuminazione di parchi e giardini pubblici e privati - Saronno - VA, 2004).
- Carca M.: *"Piano regolatore dell'illuminazione Comunale e Liberi Professionisti"*, (atti del convegno "Piano regolatore dell'illuminazione Comunale e inquinamento luminoso" – Alessandria, 2001).
- Bonomo M.: "Progettazione e realizzazione dell'illuminazione stradale", LUCE (04/09).
- Leccese F.: "Esigenze di comfort della visione notturna e aspetti normativi", LUCE (01/04).
- CEI/ASSIL: *"L'illuminazione nell'arredo urbano – Criteri progettuali di sicurezza e di comfort visivo"*. (1999)
- Bellomo G.: *"Sicurezza, efficienza ed estetica nell'ambito dell'illuminazione urbana"*, LUCE (01/94).
- Prono F.: *"Illuminazione pubblica e sicurezza"*, LUCE (04/98).
- Preti P.: *"Le metodiche europee nell'illuminazione delle aree urbane"*, LUCE (02/93).
- Reiteri S.: *"I parametri socioculturali nelle metodiche illuminotecniche"*, LUCE (02/93).
- Targhetti M., ACEA, AGEA Ferrara: *"Valorizzazione e arredo urbano – illuminazione delle mura di Ferrara"*, LUCE (11/02)
- Forcolini G.: *"Luce per parchi e giardini"*, LUCE (01/03).
- Zampedri G.: *"illuminazione e paesaggio"*, LUCE (04/93)
- Endres L.: *"I requisiti della luce nell'illuminazione esterna delle zone verdi"*, LUCE (04/92)
- Leccese F., Tuoni G.: *"On the environmental pollution and energy waste due to urban lighting"*, ECOSUD 2003
- Leccese F., Tuoni G.: *"Proceedings of the 4th international Conference on ecosystems and sustainable development"*, Siena 2003
- Leccese F.: *"Luci della città – illuminazione urbana tra inquinamento luminoso e qualità della visione notturna"*. Lettera Orvietana 6/2002
- Leccese F., Tuoni G.: *"La normativa sull'inquinamento luminoso come strumento di progettazione"*, AIDI 2001 (atti del convegno nazionale "Luce come innovazione" – Perugia 2001)
- Leccese F., Tuoni G.: *"Il quadro normativo in tema di inquinamento luminoso"*, atti del seminario "La normativa nel settore del benessere ambientale" Firenze 2000.
- Gencarelli G. Rossetti S.: *"L'uso razionale dell'energia nell'illuminazione pubblica: analisi di un intervento di ottimizzazione all'inizio delle fasi progettuali"*. AIDI 2001 (atti del convegno nazionale "Luce come innovazione" – Perugia 2001)
- Lanzoni S., Piazzi S., Carletti M., Trebbi N.: *"L'illuminazione del centro storico"*, LUCE (02/00).
- Legge Regione Umbria n. 20, 28/02/2005: *"Norme in materia di prevenzione dell'inquinamento luminoso e risparmio energetico"*.
- D. Lgs. 30 aprile 1992, n. 285: *"Nuovo Codice della strada"*.
- UNI 11248: *"Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche"*, 2007.
- UNI EN 13201-2-3-4: *"Illuminazione stradale – (Parte 2)requisiti prestazionali"*, 2004.

prof. ing. Claudio Comastri
dott. ing. Rodolfo Biondi
dott. ing. Giuseppe Federici
dott. geol. Luca Domenico Venanti

- UNI 10819: *"Luce e illuminazione – impianti di illuminazione esterna – requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso"*, 1999.
- Zoppi G.: *"La progettazione di impianti per illuminazione di aree esterne"*, LUCE (03/94)
- Chianello E.D., Collerone C., Fauri M.: *"Analisi tecnico-economica delle lampade per illuminazione pubblica"*, LUCE (10/00).
- UNI 10671: *"Apparecchi di illuminazione – misurazione dei dati fotometrici e presentazione dei risultati – Criteri generali"*, 1998.
- CIE 140-2000: *"Road lighting calculations"*.
- CIE 132-1999: *"Design methods for lighting of roads"*.
- CIE 136-2000: *"Guide to the lighting of urban areas"*.
- CIE 115-1995: *"Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic"*.
- CIE 94-1993: *"Guide for floodlighting"*.
- CIE 150-2003: *"Guide on the limitation of the effects of obstrusive light from outdoor lighting installation"*.
- ASSIL/FEDERELETTTRICA: *"Guida per l'illuminazione pubblica in qualità"* (2001)
- AIDI: *"Raccomandazioni per l'illuminazione pubblica"* (1993)
- AIDI: *"Guida per il Piano Regolatore Comunale dell'Illuminazione Pubblica"* (1998)
- Federelettrica: *"Guida per l'esecuzione degli impianti di illuminazione pubblica"* (1990)
- AIDI: *"Manuale di Illuminotecnica"*, Tecniche Nuove (1999)
- V. Carrescia: *"Impianti a norme CEI – volume 6: Illuminazione Esterna"*, TNE
- V. Carrescia: *"Illuminazione esterna: i cambiamenti rispetto alla norma precedente – articolo sulla nuova norma CEI 64-8/714, TuttoNormel 4/2005."*
- Cataloghi costruttori

I progettisti

Dott. Ing. Giuseppe Federici

Dott. Ing. Claudio Comastri