



COMUNE  
DI CERVIA

PIANO  
URBANISTICO DI  
INIZIATIVA  
PRIVATA  
RELATIVO ALLA  
SCHEDA E5

PROGETTO  
GENERALE:

ARCH. MARCO GAUDENZI

ARCH. GIOVANNI SENNI

PROPRIETA':

BAGNARA PAOLO

BAGNARA ALFREDO

BAGNARA ANNA

ALESSI ANDREA E VINCENZO

CAPONIGRI PAOLO

TORRICELLI CHIARA, MARCO E STEFANO

CONSULENZE  
SPECIALISTICHE:

ARREDO URBANO

PROGETTAZIONE DEL  
VERDE

RETI TECNOLOGICHE E  
VIABILITA'

DESIGNER  
PIETRO MANUZZI

STUDIO ARCLAB  
ARCH. AIDA MORELLI

ENERECO  
ING. CLAUDIO SARDELLA

SERIE:

**RU**

TAV.

**02B**

DATA:

FEBBRAIO 2013

REVISIONE:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OGGETTO:

RELAZIONE DI CALCOLO PER IL  
DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

architettura  
&  
interior design  
STUDIO  
**52**  
pietro manuzzi  
designer

giovanni senni  
architetto

via Montali 52  
47023 Cervia FC Italy  
tel. fax 0547.611396  
e-mail info@studio-52.com  
www.studio-52.com

  
**MARCO  
GAUDENZI**  
& ASSOCIATI  
ARCHITETTURA E DESIGN

via della Sanità 44 - 61100 Pesaro, Italy  
tel. +39.0721.402105 - fax +39.0721.23206  
www.marcogaudenzi.it  
studio@marcogaudenzi.it

## INDICE

1	GENERALE .....	3
1.1	Scopo .....	3
1.2	Normative di riferimento .....	3
1.3	Documenti tecnici di riferimento .....	3
1.4	Abbreviazioni .....	3
1.5	Condizioni ambientali e di installazione .....	4
1.6	Condizioni di installazione .....	4
1.7	Tipologie di cavo.....	4
2	METODO DI CALCOLO .....	5
	Massima corrente ammissibile.....	5
2.1	.....	5
2.2	Dimensionamento termico dei cavi.....	5
2.2.1	Protezione contro il sovraccarico .....	6
2.2.2	Protezione contro il cortocircuito .....	6
2.3	Lunghezza limite protetta .....	6
2.4	Caduta di tensione.....	7
3	RISULTATI OTTENUTI .....	8

# 1 GENERALE

## 1.1 Scopo

La presente relazione di calcolo definisce i criteri base utilizzati per di dimensionamento dei cavi elettrici BT per il progetto di piano urbanistico attuativo e opere di urbanizzazione primaria della nuova lottizzazione nel comune di Cervia.

## 1.2 Normative di riferimento

Le valutazioni contenute nella relazione di calcolo per il dimensionamento dei cavi sono state ottenute considerando i riferimenti normativi riportati nella tabella seguente:

CEI	CENELEC	TITOLO
CEI 64-8		Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
CEI-UNEL 35011		Sigle di designazione dei cavi
CEI-UNEL 35026		Cavi elettrici isolati con materiale con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente.
CEI 20-29	EN 60228	Conduttori per cavi isolati.
CEI 98-1	EN 60505	Valutazione e qualificazione dei sistemi di isolamento elettrico.

In ogni caso dovranno essere rispettate le prescrizioni fissate da Leggi e Regolamenti emessi dalle Autorità e dagli Enti locali sotto la cui giurisdizione saranno installati gli impianti.

## 1.3 Documenti tecnici di riferimento

- [1] Tav. U18 Rev.1            Schema unifilare del quadro di distribuzione
- [2] Tav. U18B                Pubblica illuminazione – Planimetria e particolari

## 1.4 Abbreviazioni

I seguenti acronimi ed abbreviazioni verranno utilizzate nel contesto del documento senza necessità di ulteriori spiegazioni:

BT:	Bassa Tensione.
c.a.:	Corrente alternata
HEPR:	Gomma etilenpropilenica ad alto modulo (G7)
PC:	Quadro di distribuzione
PVC:	Polivinilcloruro
DE	Diametro esterno
DI	Diametro interno

## 1.5 Condizioni ambientali e di installazione

Le seguenti condizioni ambientali di progetto sono state considerate per il dimensionamento dei cavi elettrici:

- Altitudine s.l.m.:	5 m
- Clima:	Marino
- Ambiente:	Residenziale
- Temperatura massima assoluta:	39.0 °C
- Temperatura minima assoluta:	-16 °C
- Umidità relativa:	50÷100 %

## 1.6 Condizioni di installazione

Le linee di alimentazione saranno tutte interrate ed i cavi posati entro tubo corrugato a doppia parete ad alta densità DE = 140 mm, DI = 120 mm, con le caratteristiche della norma vigente. Alla base di ciascun palo saranno previsti i pozzetti di ispezione, derivazione e attraversamento collegati al palo tramite tubo corrugato a doppia parete ad alta densità DE 75 mm, DI 60 mm.

## 1.7 Tipologie di cavo

I cavi saranno scelti con livello di tensione di isolamento 0,6/1 kV e con isolamento costituito da gomma etilenpropilenica avente una massima temperatura di funzionamento di 90°C e una massima temperatura di corto circuito di 250°C.

Sia per la trasmissione dell'energia dal quadro di alimentazione fino ai centri luminosi, che per il collegamento tra la morsettiera base palo e l'armatura stradale, è previsto l'impiego di soli cavi unipolari del tipo FG7OR, ossia:

- Natura del conduttore	Rame	
- Forma del conduttore	Flessibile a corda rotonda	F
- Materiale isolante	Gomma etilenpropilenica ad alto modulo	G7
- Forma del cavo	Anime riunite per cavo rotondo	O
- Materiale guaina	PVC di qualità TM1, TM2, RZ	R

L'alimentazione elettrica delle strade e dalla pista ciclabile, avverrà con l'impiego della linea trifase più neutro a 380V, diramando al corpo illuminante una fase più il neutro per ottenere la tensione di alimentazione della lampada di 220V.

Le rotatorie saranno alimentate con delle linee monofase dedicate a 220 V.

## 2 METODO DI CALCOLO

I cavi sono stati dimensionati considerando le seguenti condizioni elettriche e termiche:

- Massima corrente ammissibile;
- Protezione contro il sovraccarico;
- Protezione contro il cortocircuito;
- Massima caduta di tensione ammissibile;
- Lunghezza limite protetta.

### 2.1 Massima corrente ammissibile

Per la scelta della sezione dei cavi occorre, in primo luogo, definire il tipo di cavo, se isolato in PVC, EPR o XLPE e le modalità di posa, cavi in aria libera o interrati, in modo da poter determinare la portata  $I_0$  dei cavi.

Considerando cavi in EPR interrati in tubo e quindi facendo riferimento alla CEI-UNEL 36026, in funzione della temperatura ambiente e della modalità di posa, si ricava il fattore di riduzione  $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$  dove il significato dei singoli coefficienti è riportato in seguito:

- $k_1$  = fattore di correzione per temperature diverse da 20°C;
- $k_2$  = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano;
- $k_3$  = fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0.8 m;
- $k_4$  = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 2.5 Km/W;
- $k_5$  = fattore di correzione per cavi posati in fascio.

Nel nostro caso sono stati utilizzati i seguenti valori dei coefficienti:

Coefficiente	k1	k2	k3	k4	k5
Valore	1	0.85	0.98	1.10	0.65

I coefficienti sono stati scelti considerando le seguenti ipotesi:

- k1: temperatura del terreno 20°C;
- k2: n. 2 tubi interrati adiacenti;
- k3: profondità di posa 0.8 m;
- k4: resistività del terreno 1.5 K\*m/W (terreno o sabbia con media umidità);
- k5: n. 4 circuiti installati nello stesso tubo

La portata  $I_z$  del cavo scelto, nelle condizioni di installazione previste è stata quindi determinata verificando il criterio seguente:

$$I_z \geq I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

dove  $I_0$  è la corrente di impiego del circuito.

### 2.2 Dimensionamento termico dei cavi

Il dimensionamento termico dei cavi ha come obiettivo quello di dimensionare il cavo in modo che la temperatura del cavo durante il normale funzionamento o in condizioni di guasto non superi la massima temperatura ammessa.

Tutte le linee di alimentazione dei carichi saranno protette da dispositivi di protezione che interverranno in presenza di condizioni di sovraccarico o corto circuito. Affinchè il cavo

risultati protetto contro le sollecitazioni termiche dovute a tali correnti è necessario adottare un adeguato coordinamento tra dispositivo di protezione e le caratteristiche del cavo.

### 2.2.1 Protezione contro il sovraccarico

Ciascun dispositivo di protezione, fusibile o interruttore, sarà in grado di aprire il circuito prima che la corrente di sovraccarico che percorre il cavo faccia aumentare la temperatura di quest'ultimo oltre il limite termico, causando un deterioramento precoce dell'isolante.

La corrente nominale del dispositivo di protezione  $I_n$  sarà in accordo con le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \qquad I_f \leq 1.45 I_z$$

dove:

- $I_b$  corrente di impiego
- $I_z$  portata effettiva del cavo
- $I_n$  corrente nominale del dispositivo di protezione
- $I_f$  corrente di sicuro intervento del dispositivo di protezione

### 2.2.2 Protezione contro il cortocircuito

Ciascun dispositivo di protezione, fusibile o interruttore, sarà in grado di aprire il circuito che protegge prima che la corrente di corto circuito che percorre il cavo provochi danni a causa degli effetti termici e meccanici.

I cavi avranno una sezione minima, adeguata a resistere alla corrente di corto circuito per il tempo richiesto dal dispositivo di protezione per aprire il circuito ed estinguere la corrente di guasto.

La sezione minima dei cavi sarà dimensionata considerando la relazione seguente, supponendo che i guasti vengano estinti entro 0.01 secondi:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

- $I^2 t$  energia passante del dispositivo di protezione ( $A^2s$ )
- $K$  costante caratteristica dei cavi che dipende sia dal materiale conduttore che dal tipo di isolante ed è uguale a 143 per cavi con conduttore in rame isolato in EPR e tensione inferiore a 1 kV
- $S$  sezione del conduttore ( $mm^2$ )

Se il dispositivo di protezione è di tipo limitatore, la relazione precedente può essere verificata utilizzando le curve  $A^2s$  ottenute direttamente dalle tabelle dei costruttori dei dispositivi di protezione.

La sezione minima del cavo necessaria per essere protetto contro le correnti di corto circuito è calcolata nel modo seguente:

$$S^2 \geq I^2 t / K^2 \qquad \text{ovvero} \qquad S \geq \frac{I\sqrt{t}}{K}$$

## 2.3 Lunghezza limite protetta

La protezione del cavo deve essere garantita per tutta la sua lunghezza, di conseguenza il dispositivo di protezione deve essere in grado di interrompere anche le correnti di corto circuito che hanno origine a fondo linea.

La corrente di corto circuito a fondo linea ( $I_{ccm}$ ) risulta essere un valore più basso rispetto alla corrente di corto circuito ad inizio linea poiché limitata dall'impedenza del cavo.

Affinche la linea risulti protetta per questo tipo di guasto occorre che si verifichi la condizione seguente:

$$I_{ccm} \geq I_m$$

dove  $I_m$  rappresenta il valore della corrente del dispositivo di protezione che assicura l'apertura del circuito entro 0.01 secondi come massimo limite di tempo per la protezione delle persone contro i contatti indiretti.

Il calcolo della corrente di corto circuito a fondo linea è stata effettuata utilizzando la relazione seguente:

$$I_{ccm} = \frac{0.8 \times U \times S_F}{1.5 \times \rho \times (1 + m) \times L}$$

U	rappresenta la tensione concatenata nel caso di conduttore neutro non distribuito, oppure rappresenta la tensione fase nel caso di neutro distribuito;
$S_F$	sezione del conduttore di fase (mm <sup>2</sup> );
$\rho$	resistività a 20°C del materiale dei conduttori (0.018 per il rame);
m	rapporto tra la sezione del conduttore di fase e del conduttore neutro;
L	lunghezza della linea.

## 2.4 Caduta di tensione

La scelta delle sezioni delle linee di alimentazione e dei relativi punti luce alimentati è stata eseguita in modo tale che la cadute di tensione a fine linea non siano superiori al 3%. Il dimensionamento è stato effettuato riportando a fine linea tutto il carico del circuito luce tale condizione risulta conservativa e consente di verificare una caduta di tensione inferiore al 3% sull'ultimo punto luce di ciascun circuito.

### Caduta di tensione in condizioni normali di funzionamento

La caduta di tensione in condizioni normali di funzionamento è stata verificata con la seguente formula:

$$V_d \% = \frac{k \cdot I_b \cdot L_c \cdot [(R_c \cdot \cos\varphi) + (X_c \cdot \sin\varphi)]}{V_n} \cdot 100$$

$V_d\%$	caduta di tensione percentuale in condizioni normali di funzionamento;
$I_b$	corrente di impiego in condizioni normali di funzionamento (A);
$L_c$	lunghezza del cavo (km);
$R_c$	resistenza del conduttore del cavo alla temperatura di 90°C (Ohm/km);
$X_c$	reattanza del conduttore del cavo alla frequenza di 50 Hz (Ohm/km);
k	fattore di tensione caratteristico del tipo di sistema (uguale a $\sqrt{3}$ nei sistemi trifasi ed uguale a 2 nei sistemi monofase);
$\cos\varphi$	fattore di potenza del carico in condizioni normali di funzionamento;
$V_n$	tensione nominale dell'impianto (V).

### 3 RISULTATI OTTENUTI

Nella tabella seguente vengono riportati i principali valori ottenuti dai calcoli di dimensionamento sulle diverse tratte.

Analizzando i risultati ottenuti e cercando di uniformare le sezioni di cavo da acquistare, per la trasmissione dell'energia dal quadro di alimentazione fino ai centri luminosi, si è deciso di utilizzare dei cavi unipolari di sezione pari a 10 mm<sup>2</sup>.

Per il collegamento tra le morsettiere base palo e l'armatura stradale, tenendo conto della potenza e della distanza ridotta, si è deciso di utilizzare cavi unipolari da 4 mm<sup>2</sup>.

Il cavo di alimentazione del quadro dal punto di consegna BT, indicato in tabella come "Dorsale" dovrà essere eseguito con cavi unipolari da 16 mm<sup>2</sup>.

Circuito	Tipo di cavo	Sezione	n. cavi per fase	Lunghezza cavo	Tensione	Sistema	Max caduta di tensione ammissibile	Max Icc interruttore	Tempo di intervento	Potenza	Fattore di potenza	Corrente d'impiego Ib	Fattore di correzione k	Portata del cavo Iz	Caduta di tensione	I <sup>2</sup> t Energia specifica interruttore	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> Energia specifica del cavo	Corrente di corto a fine linea
		mm <sup>2</sup>		m	V		%	kA	s	kW		A		A	%	A <sup>2</sup> s	A <sup>2</sup> s	kA
Dorsale	Single core	16	1	10	380	3F+N	3	10	0.01	12.33	0.9	35.95	0.6	45	0.40	1·e <sup>+6</sup>	5.23·e <sup>+6</sup>	4.51
Tratta A	Single core	10	1	230	380	3F+N	3	10	0.01	3.14	0.9	5.30	0.6	34.8	1.24	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.38
Tratta A <sub>1</sub> -A <sub>11</sub>	Single core	10	1	570	380	3F+N	3	10	0.01	2.50	0.9	4.22	0.6	34.8	2.45	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.16
Tratta A <sub>12</sub> -A <sub>19</sub>	Single core	10	1	460	380	3F+N	3	10	0.01	0.64	0.9	1.08	0.6	34.8	0.61	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.19
Tratta B	Single core	10	1	40	380	3F+N	3	10	0.01	3.08	0.9	5.20	0.6	34.8	0.21	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	1.84
Tratta B <sub>1</sub> -B <sub>12</sub>	Single core	10	1	470	380	3F+N	3	10	0.01	2.52	0.9	4.25	0.6	34.8	2.04	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.19
Tratta B <sub>13</sub> -B <sub>19</sub>	Single core	10	1	270	380	3F+N	3	10	0.01	0.56	0.9	0.95	0.6	34.8	0.26	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.32
Tratta C <sub>1</sub> -C <sub>12</sub>	Single core	10	1	390	380	3F+N	3	10	0.01	1.82	0.9	3.07	0.6	34.8	1.22	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.23
Tratta D <sub>1</sub> -D <sub>23</sub>	Single core	10	1	780	380	3F+N	3	10	0.01	1.84	0.9	3.11	0.6	34.8	2.47	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.11
Tratta E <sub>1</sub> -E <sub>3</sub>	Single core	10	1	440	380	3F+N	3	10	0.01	1.20	0.9	2.19	0.6	34.8	0.98	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.20
Tratta F <sub>1</sub>	Single core	10	1	150	220	1F+N	3	10	0.01	0.40	0.9	2.04	0.6	42.6	0.62	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.34
Tratta F <sub>2</sub>	Single core	10	1	465	220	1F+N	3	10	0.01	0.40	0.9	2.04	0.6	42.6	1.94	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.11
Tratta F <sub>3</sub>	Single core	10	1	200	220	1F+N	3	10	0.01	0.40	0.9	2.04	0.6	42.6	0.83	1·e <sup>+6</sup>	2.04·e <sup>+6</sup>	0.25