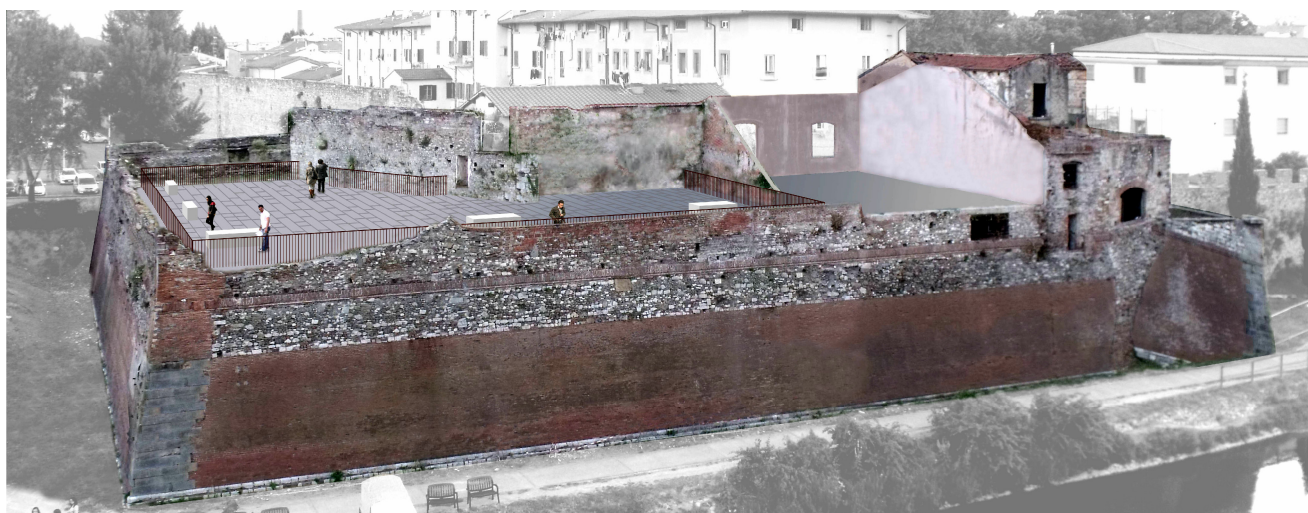


comune di  
**PRATO**



**COMUNE DI PRATO**  
**SERVIZIO LAVORI PUBBLICI, GRANDI OPERE, ENERGIA E PROTEZIONE CIVILE**  
**U.O. RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO**

## Restauro del Bastione delle Forche



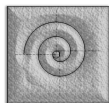
### PROGETTO ESECUTIVO

#### COMMITENZA: Comune di Prato

ASSESSORE AI LAVORI PUBBLICI: Roberto CAVERNI  
SERVIZIO LAVORI PUBBLICI, GRANDI OPERE, ENERGIA E PROTEZIONE CIVILE - Dirigente del servizio: Ing. Lorenzo FRASCONI  
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Arch. Francesco PROCOPIO

#### PROGETTO: Raggruppamento Temporaneo di Professionisti:

CAPOGRUPPO  
**SPIRA**  
ENGINEERING



SPIRA S.r.l.

Servizi Progettazione Integrata per il Restauro Architettonico

Direttore Tecnico (Art.254 DPR 207/10) :

Ing. Massimo MARRANI - Ordine Ingegneri di Firenze n.1594

[www.studiospira.it](http://www.studiospira.it)

PROGETTISTA E COORDINATORE DELLA PROGETTAZIONE

E DIREZIONE DEI LAVORI:

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Prof. Arch. Giuseppe CRUCIANI FABOZZI

Ing. Massimo MARRANI

MANDANTI:

PROGETTISTA E D.O. OPERE STRUTTURALI E DI CONSOLIDAMENTO:

Prof. Ing. Andrea VIGNOLI - Studio Tecnico Associato di Ingegneria di Prof. Ing. Andrea VIGNOLI e Ing. Claudio CONSORTI

Arch. Alessandro PAGLIAI

Arch. Stefano BALDI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE:

AFFINAMENTO DEL RILIEVO, GRAFICA ED EDITING:

COLLABORATORI:

Arch. Sara MARRANI, Ing. Silvio SPADI, B. Arch. Christopher EVANS,  
P.I. Alessio ALESSI, Dott. Agr. Marco CEI, Arch. Luca UGOLINI

Specifiche tecniche e prestazionali (CSA parte II):  
impianti elettrici

**IE - STP**

Questo progetto è stato realizzato da Spira srl nel rispetto delle regole stabilite dal proprio sistema di gestione qualità conforme ai requisiti ISO 9001/2008 valutato da BUREAU VERITAS Certification e coperto da certificato n°167233

DATA: Settembre 2012

Rev.:

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

**INDICE GENERALE**

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| <b>ART. 1</b> | <b>QUALITA' DEI MATERIALI E LUOGHI DI INSTALLAZIONE.....</b>                     | <b>3</b>  |
|               | Norme di riferimento.....  | 3         |
|               | Oneri specifici per l'appaltatore .....  | 4         |
|               | Modalità di esecuzione degli impianti elettrici.....                             | 4         |
|               | Cavi e conduttori .....  | 4         |
|               | <i>Definizioni</i> .....   | 4         |
|               | <i>Tipologie</i> .....   | 5         |
|               | <i>Distinzione dei cavi attraverso i colori</i> .....                            | 5         |
|               | <i>Comportamento al fuoco</i> .....  | 5         |
|               | <i>Posa in opera delle condutture</i> .....                                      | 6         |
|               | <i>Prescrizioni relative a condutture di impianti particolari</i> .....          | 6         |
|               | <i>Norme di riferimento generali e per tipologie dei cavi</i> .....              | 6         |
|               | <i>Norme di riferimento per il comportamento al fuoco</i> .....                  | 8         |
|               | <i>Sezioni minime dei conduttori</i> .....                                       | 9         |
|               | Tubazioni ed accessori per installazioni elettriche .....                        | 9         |
|               | <i>Posa in opera in generale e in condizioni particolari</i> .....               | 9         |
|               | <i>Maggiorazione del diametro interno dei tubi</i> .....                         | 10        |
|               | <i>Caratteristiche alla piegatura e grado di protezione minimo</i> .....         | 10        |
|               | <i>Norme di riferimento</i> .....  | 11        |
|               | Quadri elettrici.....  | 11        |
|               | <i>Generalità</i> .....  | 11        |
|               | <i>Tipologie di quadri elettrici</i> .....                                       | 11        |
|               | <i>Grado di protezione degli involucri</i> .....                                 | 11        |
|               | <i>Allacciamento delle linee e dei circuiti di alimentazione</i> .....           | 12        |
|               | <i>Caratteristiche degli armadi e dei contenitori per quadri elettrici</i> ..... | 12        |
|               | <i>Targhe</i> .....  | 12        |
|               | <i>Identificazioni</i> .....   | 12        |
|               | <i>Predisposizione per ampliamenti futuri</i> .....                              | 12        |
|               | Cassette di derivazione.....   | 12        |
|               | Giunzioni e morsetti .....   | 13        |
|               | <i>Impianto di terra</i> .....   | 13        |
| <b>ART. 2</b> | <b>IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE. VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE.....</b>                | <b>15</b> |
|               | Generalità.....  | 15        |
|               | Esami a vista .....  | 15        |
|               | Impianti di illuminazione interna.....   | 15        |
|               | <i>Misura dell'illuminamento medio e dell'uniformità</i> .....                   | 16        |
|               | <i>Misura di luminanza nel campo visivo</i> .....                                | 16        |
|               | <i>Abbagliamento</i> .....   | 16        |
|               | <i>Misura del contrasto</i> .....  | 17        |
|               | Impianti di illuminazione esterna .....  | 17        |
|               | <i>Misura dell'abbagliamento</i> .....   | 17        |
| <b>ART. 3</b> | <b>GARANZIE DEGLI IMPIANTI.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>ART. 4</b> | <b>POTENZA IMPEGNATA E DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI.....</b>                   | <b>18</b> |
| <b>ART. 5</b> | <b>IMPIANTI TRIFASI .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>ART. 6</b> | <b>CORRENTI NELL'IMPIANTO .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>ART. 7</b> | <b>CAVI E CONDUTTORI.....</b>  | <b>20</b> |
|               | ISOLAMENTO DEI CAVI .....  | 20        |
|               | REQUISITI PARTICOLARI DEI CAVI.....  | 20        |
|               | <i>Propagazione del fuoco lungo i cavi</i> .....                                 | 20        |

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Provvedimenti contro il fumo.</i> .....  | 20        |
| <i>Problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi.</i> .....                            | 20        |
| COLORI DISTINTIVI DEI CAVI .....  | 20        |
| SEZIONI E CADUTE DI TENSIONE NEI CAVI.....  | 20        |
| SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI NEUTRO .....   | 21        |
| SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI TERRA E DI PROTEZIONE .....  | 21        |
| SEZIONE MINIMA DEL CONDUTTORE DI TERRA .....  | 21        |
| CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI .....   | 21        |
| <i>CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI PRINCIPALI</i> .....   | 21        |
| <i>CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI SUPPLEMENTARI</i> .....  | 21        |
| <i>COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI IN CORRISPONDENZA DEI CONTATORI DELL'ACQUA</i> .....                 | 22        |
| <b>ART. 8    PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE</b> .....  | <b>22</b> |
| <b>ART. 9    PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI</b> .....  | <b>22</b> |
| <b>ART. 10   PROTEZIONE CONTRO I CORTO CIRCUITI</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>ART. 11   PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRECTI</b> .....                             | <b>23</b> |
| PROTEZIONE COMBINATA CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRECTI.....                                    | 23        |
| PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRECTI NEI SISTEMI A BASSISSIMA TENSIONE FUNZIONALE..... | 23        |
| PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....   | 23        |
| PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRECTI .....  | 23        |
| PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRECTI CON INTERRUZIONE AUTOMATICA DEI CIRCUITI .....               | 24        |
| <b>ART. 12   REQUISITI DI RISPONDEZZA A NORME, LEGGI E REGOLAMENTI</b> .....                        | <b>24</b> |

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

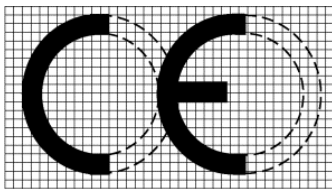
### Art. 1 QUALITA' DEI MATERIALI E LUOGHI DI INSTALLAZIONE

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio. Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle Normative CEI, alle tabelle di unificazione CEI-UNEL ed alle leggi n° 186 del 01/03/68 e DLgs 626 del 25/11/1996. I componenti elettrici previsti da specifiche direttive europee devono riportare il marchio CE.

I componenti elettrici previsti dalla legge n. 791/1977, e per i quali esista una specifica norma, possono essere muniti di marchio IMQ o di altro marchio di conformità (rilasciato da un laboratorio riconosciuto o da organismi competenti), oppure di dichiarazione di conformità alla norma rilasciata dal costruttore.

I componenti elettrici non previsti dalla legge n. 791/1977 o senza norme di riferimento dovranno essere comunque conformi alla legge n. 186/1968.

**Tutti gli apparecchi devono riportare i dati di targa ed eventuali istruzioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.**



Marchio CE



Marchio IMQ

### Norme di riferimento

I materiali elettrici devono essere conformi alle leggi e regolamenti vigenti, in particolare:

**Legge 1° marzo 1968, n. 186** – Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;

**Legge 18 ottobre 1977, n. 791** – Attuazione della direttiva del Consiglio delle Comunità europee (n. 72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;

**D.M. 10 aprile 1984** – Disposizioni per la prevenzione e l'eliminazione dei radiodisturbi provocati dagli apparecchi di illuminazione per lampade fluorescenti muniti di starter;

**Legge 9 gennaio 1989, n. 13** – Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati;

**Legge 17 aprile 1989, n. 150** – Attuazione della direttiva 82/130/CEE e norme transitorie concernenti la costruzione e la vendita di materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera esplosiva;

**D.M. 14 giugno 1989, n. 236** – Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche;

**Legge 5 marzo 1990, n. 46** – Norme per la sicurezza degli impianti;

**D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447** – Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti;

**D.M. 22 febbraio 1992** – Modello di dichiarazione di conformità;

**D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246** – Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione;

**D.Lgs. 25 novembre 1996, n. 626** – Attuazione della direttiva 93/68/CEE, in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione;

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

**D.P.R. 30 aprile 1999, n. 162** – Regolamento recante norme per l’attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio;

**D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462** – Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;

**D.M. 10 marzo 2005** – Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d’incendio;

**D.M. 15 marzo 2005** – Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo;

**D.M. 28 aprile 2005** – Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l’esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili liquidi;

**D.M. 22 gennaio 2008, n. 37** – Regolamento concernente l’attuazione dell’articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici.

### Oneri specifici per l’appaltatore

L’appaltatore ha l’obbligo di fornire depliant e, ove possibile, campioni di almeno tre marche di ogni componente dell’impianto, per consentire la scelta al direttore dei lavori.

Per i corpi illuminanti, l’appaltatore dovrà fornire appositi campioni, da conservare in appositi locali. I materiali non accettati dovranno essere sostituiti e allontanati dal cantiere.

L’appaltatore dovrà curare gli impianti elettrici fino alla conclusione del collaudo tecnico-amministrativo o all’emissione del certificato di regolare esecuzione, prevenendo eventuali danneggiamenti durante l’esecuzione dei lavori.

Le eventuali difformità degli impianti rispetto alle prescrizioni progettuali esecutive dovranno essere segnalate tempestivamente al direttore dei lavori.

L’appaltatore dovrà fornire al direttore dei lavori tutta la documentazione integrativa per l’aggiornamento del piano di manutenzione dell’opera.

### Modalità di esecuzione degli impianti elettrici

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni contrattuali e la corretta tecnica da personale adeguato alla tipologia degli impianti, addestrato e dotato delle necessarie attrezzature.

Gli impianti elettrici devono essere realizzati in conformità alla legge n. 186 del 1° marzo 1968.

La rispondenza alle vigenti norme di sicurezza deve essere attestata con la procedura di cui al **D.M. 22 gennaio 2008, n. 37**.

Al termine dell’esecuzione degli impianti l’appaltatore dovrà rilasciare l’apposito certificato di conformità dell’impianto, come previsto dal D.M. n. 37/2008.

### Cavi e conduttori

#### **Definizioni**

Si premettono le seguenti definizioni:

- con il termine *cavo* si indicano tutti i tipi di cavo con o senza rivestimento protettivo;
- con il termine *condutture* si indicano i prodotti costituiti da uno o più cavi e dagli elementi che ne assicurano il contenimento, il sostegno, il fissaggio e la protezione meccanica.

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

In relazione al tipo di funzione nella rete di alimentazione, le condutture in partenza dal quadro generale B.T. nella rete di distribuzione, si possono suddividere nelle seguenti categorie:

- condutture di distribuzione attraverso montante, a sviluppo prevalentemente verticale;
- condutture di distribuzione attraverso dorsali, a sviluppo prevalentemente orizzontale;
- condutture di distribuzione diretta agli utilizzatori.

### Tipologie

I cavi delle linee di energia possono essere dei seguenti tipi:

- tipo A: cavi con guaina per tensioni nominali con  $U_0/U = 300/500, 450/750$  e  $0,6/1$  Kv;
- tipo B: cavi senza guaina per tensione nominale  $U_0/U = 450/750V$ ;
- tipo C: cavi con guaina resistenti al fuoco;
- tipo D: cavi con tensioni nominali  $U_0/U = 1,8/3 - 3,6/6 - 6/10 - 8,7/15 - 12/20 - 18/30 - 26/45$  kv.

### Distinzione dei cavi attraverso i colori

I cavi per energia elettrica devono essere distinguibili attraverso la colorazione delle anime e attraverso la colorazione delle guaine esterne.

Per la sequenza dei colori delle anime (fino a un massimo di cinque) dei cavi multipolari flessibili e rigidi, rispettivamente con e senza conduttore di protezione, si deve fare riferimento alla norma **CEI UNEL 00722 (HD 308)**.

Per tutti i cavi unipolari senza guaina cordine sono ammessi i seguenti monocolori: nero, marrone, rosso, arancione, giallo, verde, blu, viola, grigio, bianco, rosa, turchese. Per i cavi unipolari con e senza guaina deve essere utilizzata la combinazione:

- bicolore giallo/verde per il conduttore di protezione;
- colore blu per il conduttore di neutro.

Per i circuiti a corrente continua si devono utilizzare i colori rosso (polo positivo) e bianco (polo negativo).

Per la colorazione delle guaine esterne dei cavi di bassa e media tensione in funzione della loro tensione nominale e dell'applicazione, si deve fare riferimento alla norma **CEI UNEL 00721**.

Nell'uso dei colori devono essere rispettate le seguenti regole:

- il bicolore giallo-verde deve essere riservato ai conduttori di protezione e di equipotenzialità;
- il colore blu deve essere riservato al conduttore di neutro. Quando il neutro non è distribuito, l'anima di colore blu di un cavo multipolare può essere usata come conduttore di fase. In tal caso, detta anima deve essere contraddistinta, in corrispondenza di ogni collegamento, da fascette di colore nero o marrone;
- sono vietati i singoli colori verde e giallo.

### Comportamento al fuoco

I cavi elettrici, ai fini del comportamento al fuoco, possono essere distinti nelle seguenti categorie:

- cavi non propaganti la fiamma, conformi alla norma **CEI 20-35 (EN 60332)**, che tratta la verifica della non propagazione della fiamma di un cavo singolo in posizione verticale;
- cavi non propaganti l'incendio, conformi alla norma **CEI 20-22 (EN 50266)**, che tratta la verifica della non propagazione dell'incendio di più cavi raggruppati a fascio e in posizione verticale, in accordo alla quantità minima di materiale non metallico combustibile prescritta dalla parte 2 (10 kg/m oppure 5 kg/m) o dalla parte 3 (1,5 l/m);
- cavi non propaganti l'incendio a bassa emissione di fumi opachi, gas tossici e corrosivi LSOH, rispondenti alla norma **CEI 20-22 (EN 50266)** per la non propagazione dell'incendio, e alle norme **CEI 20-37 (EN 50267 e EN 61034)** per quanto riguarda l'opacità dei fumi e le emissioni di gas tossici e corrosivi;
- cavi LSOH resistenti al fuoco conformi alle norme della serie **CEI 20-36 (EN 50200- 50362)**, che tratta la verifica della capacità di un cavo di assicurare il funzionamento per un determinato periodo di tempo durante l'incendio. I cavi resistenti al fuoco sono anche non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi opachi gas tossici e corrosivi.

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

L'appaltatore deve utilizzare esclusivamente cavi non propaganti l'incendio e a bassissima emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi anche nelle situazioni installative non obbligatoriamente previste dalla norme.

### Posa in opera delle condutture

Per la scelta del tipo di cavo in relazione alle condizioni ambientali e di posa, ai fini di una corretta installazione si rimanda alle indicazioni delle norme **CEI 11-17**, **CEI 20-40**, **CEI 20-67** e **20-XX** (in preparazione).

La posa in opera delle condutture può essere in:

- tubo, ovvero costituita da cavi contenuti in un tubo protettivo, il quale può essere incassato, in vista o interrato;
- canale, ovvero costituita da cavi contenuti entro un contenitore prefabbricato con coperchio;
- vista, nella quale i cavi sono fissati a parete o soffitto per mezzo di opportuni elementi (per esempio, graffette o collari);
- condotto, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità lisce o continue ottenute dalla costruzione delle strutture murarie o entro manufatti di tipo edile prefabbricati o gettati in opera;
- cunicolo, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità o altro passaggio non praticabile con chiusura mobile;
- su passerelle, ovvero costituita da cavi contenuti entro un sistema continuo di elementi di sostegno senza coperchio;
- galleria, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità o altro passaggio praticabile.

### Prescrizioni relative a condutture di impianti particolari

I cavi di alimentazione dei circuiti di sicurezza devono essere indipendenti da altri circuiti.

I cavi dei circuiti a SELV devono essere installati conformemente a quanto indicato negli art. 411.1.3.2 e 528.1.1 della norma **CEI 64-8**.

I cavi dei circuiti FELV possono essere installati unitamente ai cavi di energia.

I cavi di circuiti separati, derivati o meno dal trasformatore di isolamento devono essere indipendenti da altri circuiti.

### Norme di riferimento generali e per tipologie dei cavi

I cavi e le condutture per la realizzazione delle reti di alimentazione degli impianti elettrici utilizzatori devono essere conformi alle seguenti norme:

a) requisiti generali:

**CEI-UNEL 00722** – Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali  $U_0/U$  non superiori a 0,6/1 kV;

**CEI UNEL 00721** – Colori di guaina dei cavi elettrici;

**CEI UNEL 00725-(EN 50334)** – Marcatura mediante iscrizione per l'identificazione delle anime dei cavi elettrici;

**CEI-UNEL 35024-1** – Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;

**CEI-UNEL 35024-2** – Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e a 1500 in c.c. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;

**CEI-UNEL 35026** – Cavi di energia per tensione nominale  $U$  sino ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico. Portate di corrente in regime permanente. Posa in aria e interrata;

**CEI UNEL 35027** – Cavi di energia per tensione nominale  $U$  superiore ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico. Portate di corrente in regime permanente. Generalità per la posa in aria e interrata;

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

**CEI 16-1** – Individuazione dei conduttori isolati;

**CEI 20-21 (serie)** – Cavi elettrici. Calcolo della portata di corrente;

**CEI 11-17** – Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo;

**CEI 20-40 (HD 516)** – Guida per l'uso di cavi a bassa tensione;

**CEI 20-67** – Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;

**CEI 20-XX** – Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di media tensione;

b) cavi tipo A (I categoria) = cavi con guaina per tensioni nominali  $U_0/U = 300/500, 450/750$  e 0,6/1 kV

**CEI 20-13** – Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;

**CEI-UNEL 35375** – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV;

**CEI-UNEL 35376** – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari e multipolari con conduttori rigidi. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV;

**CEI-UNEL 35377** – Cavi per comandi e segnalazioni isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV;

**CEI UNEL 35382** – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni. Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa con o senza schermo (treccia o nastro). Tensione nominale  $U_0/U: 0,6/1$  kV – LSOH;

**CEI UNEL 35383** – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni;

c) cavi unipolari e multipolari con conduttori rigidi. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6/1$  kV – LSOH

**CEI UNEL 35384** – Cavi per comandi e segnalamento in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni - Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa, con o senza schermo (treccia o nastro) - Tensione nominale  $U_0/U: 0,6/1$  kV – LSOH;

**CEI 20-14** – Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 a 3 kV;

**CEI-UNEL 35754** – Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari rigidi con o senza schermo, sotto guaina di PVC. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV;

**CEI-UNEL 35755** – Cavi per comandi e segnalamento isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo, sotto guaina di PVC. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV;

**CEI-UNEL 35756** – Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo, sotto guaina di PVC. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV;

**CEI-UNEL 35757** – Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari per posa fissa con conduttori flessibili, sotto guaina di PVC. Tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV;

**CEI 20-19** – Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

**CEI 20-20** – Cavi isolati in PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

**CEI 20-38** – Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. LSOH;



**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

**CEI-UNEL 35369** – Cavi per energia isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale 0,6 / 1 kV. LSOH;

**CEI-UNEL 35370** – Cavi per energia isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi con conduttori rigidi. Tensione nominale 0,6 / 1 kV. LSOH;

**CEI-UNEL 35371** – Cavi per comandi e segnalazioni, isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa. Tensione nominale 0,6 / 1 kV. LSOH;

**IMQ CPT 007** – Cavi elettrici per energia e per segnalamento e controllo isolati in PVC, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas alogenidrici. Tensione nominale di esercizio 450/750 e 300/500 V – FROR 450/750 V;

**IMQ CPT 049** – Cavi per energia e segnalamento e controllo isolati con mescola termoplastica non propaganti l'incendio e esenti da alogeni (LSOH). Tensione nominale  $U_0/U$  non superiore a 450/750 V – FM9OZ1 – 450/750 V – LSOH;

d) cavi tipo B = cavi senza guaina per tensione nominale  $U_0/U = 450/750V$

**CEI 20-20/3** – Cavi isolati con PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V. Cavi senza guaina per posa fissa;

**CEI-UNEL 35752** – Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale  $U_0/U$ : 450/750 V;

**CEI-UNEL 35753** – Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio. Cavi unipolari senza guaina con conduttori rigidi. Tensione nominale  $U_0/U$ : 450/750 V;

**CEI-UNEL 35368** – Cavi per energia isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale  $U_0/U$ : 450/750 V;

**IMQ CPT 035** – Cavi per energia isolati con mescola termoplastica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Tensione nominale  $U_0/U$  non superiore a 450/750 V;

e) cavi tipo C = cavi resistenti al fuoco

**CEI 20-39** – Cavi per energia ad isolamento minerale e loro terminazioni con tensione nominale non superiore a 750 V;

**CEI 20-45** – Cavi isolati con mescola elastomerica, resistenti al fuoco, non propaganti l'incendio, senza alogeni (LSOH) con tensione nominale  $U_0/U$  di 0,6/1 kV. LSOH;

f) cavi tipo D (II categoria) = cavi con tensioni nominali  $U_0/U = 1,8/3 - 3,6/6 - 6/10 - 8,7/15 - 12/20 - 18/30 - 26/45$  kV

**CEI 20-13** – Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;

**IEC 60502** – IEC 60502-1, Ed. 2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV).

**Norme di riferimento per il comportamento al fuoco**

**CEI EN 60332 (CEI 20-35)** – Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio. Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato;

**CEI EN 50266 (CEI 20-22)** – Metodi di prova comuni per cavi in condizioni di incendio. Prova di propagazione della fiamma verticale di fili o cavi montati verticalmente a fascio;

**CEI EN 50267 (CEI 20-37)** – Metodi di prova comuni per cavi in condizione di incendio. Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi;

**CEI EN 61034 (CEI 20-37)** – Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite.

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

### Sezioni minime dei conduttori

Il dimensionamento dei conduttori attivi (fase e neutro) deve essere effettuato in modo da soddisfare soprattutto le esigenze di portata e resistenza ai corto circuiti e i limiti ammessi per caduta di tensione. In ogni caso, le sezioni minime non devono essere inferiori a quelle di seguito specificate:

- conduttori di fase: 1,5 mm<sup>2</sup> (rame) per impianti di energia;
- conduttori per impianti di segnalazione: 0,5 mm<sup>2</sup> (rame);
- conduttore di neutro: deve avere la stessa sezione dei conduttori di fase, sia nei circuiti monofase, qualunque sia la sezione dei conduttori, sia nei circuiti trifase, quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore o uguale a 16 mm<sup>2</sup>. Il conduttore di neutro, nei circuiti trifase con conduttori di sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup>, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase, se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:
  - la corrente massima, comprese le eventuali armoniche, che si prevede possa percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario, non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro;
  - la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup>.

Se il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttura dei conduttori attivi, la sezione minima deve essere:

- 2,5 mm<sup>2</sup> (rame) se protetto meccanicamente;
- 4 mm<sup>2</sup> (rame) se non protetto meccanicamente.

Per il conduttore di protezione di montanti o dorsali (principali), la sezione non deve essere inferiore a 6 mm<sup>2</sup>.

- conduttore di terra:
  - protetto contro la corrosione ma non meccanicamente, e non inferiore a 16 mm<sup>2</sup> in rame o ferro zincato;
  - non protetto contro la corrosione, e non inferiore a 25 mm<sup>2</sup> (rame) oppure 50 mm<sup>2</sup> (ferro);
  - protetto contro la corrosione e meccanicamente: in questo caso le sezioni dei conduttori di terra non devono essere inferiori ai valori della tabella **CEI-UNEL 3502**. Se dall'applicazione di questa tabella risulta una sezione non unificata, deve essere adottata la sezione unificata più vicina al valore calcolato.
- conduttore PEN (solo nel sistema TN): non inferiore a 10 mm<sup>2</sup> (rame);
- conduttori equipotenziali principali: non inferiori a metà della sezione del conduttore di protezione principale dell'impianto, con un minimo di 6 mm<sup>2</sup> (rame). Non è richiesto che la sezione sia superiore a 25 mm<sup>2</sup> (rame);
- conduttori equipotenziali supplementari:
  - fra massa e massa, non inferiore alla sezione del conduttore di protezione minore;
  - fra massa e massa estranea, sezione non inferiore alla metà dei conduttori di protezione;
  - fra due masse estranee o massa estranea e impianto di terra non inferiore a 2,5 mm<sup>2</sup> (rame) se protetto meccanicamente, e a 4 mm<sup>2</sup> (rame) se non protetto meccanicamente.

Questi valori minimi si applicano anche al collegamento fra massa e massa, e fra massa e massa estranea.

### Tubazioni ed accessori per installazioni elettriche

Tutte le tubazioni di protezione dei cavi elettrici dovranno essere di tipo flessibile in PVC nella serie pesante antischiacciamento, di tipo e caratteristiche contemplate nelle vigenti norme UNEL e CEI.

In generale, i sistemi di protezione dei cavi devono essere scelti in base a criteri di resistenza meccanica e alle sollecitazioni che si possono verificare sia durante la posa sia durante l'esercizio.

### Posa in opera in generale e in condizioni particolari

L'installazione o posa in opera delle tubazioni di protezione potrà essere del tipo:

- a vista;

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

- sottotraccia nelle murature o nei massetti delle pavimentazioni;
  - annegamento nelle strutture in calcestruzzo prefabbricate;
  - interrimento (**CEI EN 50086-2-4**).
- In condizioni particolari, devono essere rispettate le seguenti norme e materiali:

- sottotraccia nelle pareti o in murature:
  - PVC flessibile leggero (**CEI 23-14**);
  - PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**).
- sottotraccia nel massetto delle pavimentazioni:
  - PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**);
  - PVC rigido pesante (**CEI 23-8**).
- tubo da collocare in vista (ambienti ordinari):
  - PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**);
  - PVC rigido pesante (**CEI 23-8**);
  - tubo PVC rigido filettato (**CEI 23-25** e **CEI 23-26**);
  - guaine guida cavi (**CEI 23-25**).
- tubo da collocare in vista (ambienti speciali):
  - PVC rigido pesante (**CEI 23-8**);
  - in acciaio (**CEI 23-28**);
  - in acciaio zincato (**UNI 3824-74**);
  - tubo PVC rigido filettato (**CEI 23-25** e **CEI 23-26**);
  - guaine guida cavi (**CEI 23-25**).
- tubo da interrare:
  - PVC rigido pesante (**CEI 23-8**);
  - PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**);
  - cavidotti (**CEI 23-29**);
  - guaine guida cavi (**CEI 23-25**).

Il tracciato dei tubi protettivi sulle pareti deve avere un andamento rettilineo orizzontale o verticale. Nel caso di andamento orizzontale, deve essere prevista una minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi.

Le tubazioni sottotraccia dovranno essere collocate in maniera tale che il tubo venga a trovarsi totalmente incassato ad almeno 2 cm dalla parete finita. I tubi, prima della ricopertura con malta cementizia, dovranno essere saldamente fissati sul fondo della scanalatura e collocati in maniera che non siano totalmente accostati, in modo da realizzare un interstizio da riempire con la malta cementizia.

### **Maggiorazione del diametro interno dei tubi**

Il diametro interno dei tubi per consentire variazioni impiantistiche deve:

- negli ambienti ordinari: essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto ai cavi che deve contenere, con un minimo di 10 mm;
- negli ambienti speciali: essere almeno 1,4 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto ai cavi che devono essere contenuti, con un minimo di 16 mm.

### **Caratteristiche alla piegatura e grado di protezione minimo**

Le tubazioni di protezione secondo le caratteristiche alla piegatura potranno essere:

- rigide (**CEI EN 50086-2-1**);
- pieghevoli (**CEI EN 50086-2-2**);
- pieghevoli/autorinvenenti (**CEI EN 50086-2-2**);
- flessibili (**CEI EN 50086-2-3**).

Il grado di protezione dovrà essere di IP XX (con un minimo IP3X).

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

### Norme di riferimento

Le tubazioni di protezione dovranno rispettare le seguenti norme:

**CEI EN 50086-1** – Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Prescrizioni generali;

**CEI EN 50086-2-1** – Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori;

**CEI EN 50086-2-2** – Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori;

**CEI EN 50086-2-3** – Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori;

**CEI EN 50086-2-4** – Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati;

**CEI EN 60529** – Gradi di protezione degli involucri.

### Quadri elettrici

#### Generalità

I quadri elettrici sono componenti dell'impianto elettrico che costituiscono i nodi della distribuzione elettrica, principale e secondaria, per garantire in sicurezza la gestione dell'impianto stesso, sia durante l'esercizio ordinario, sia nella manutenzione delle sue singole parti.

Nei quadri elettrici sono contenute e concentrate le apparecchiature elettriche di sezionamento, comando, protezione e controllo dei circuiti di un determinato locale, zona, reparto, piano, ecc.

In generale, i quadri elettrici vengono realizzati sulla base di uno schema o elenco delle apparecchiature, con indicate le caratteristiche elettriche dei singoli componenti, con particolare riferimento alle caratteristiche nominali, alle sezioni delle linee di partenza e alla loro identificazione sui morsetti della morsettiera principale.

La costruzione di un quadro elettrico consiste nell'assemblaggio delle strutture e nel montaggio e cablaggio delle apparecchiature elettriche all'interno di involucri o contenitori di protezione, e deve essere sempre fatta seguendo le prescrizioni delle normative specifiche.

Si raccomanda, per quanto è possibile, che i portelli dei quadri elettrici di piano o zona di uno stesso edificio siano apribili con unica chiave.

norme di riferimento

CEI EN 60439-1;

CEI EN 60439-3;

CE EN 60529;

CEI 23-49;

CEI 23-51;

CEI 64-8.

#### Tipologie di quadri elettrici

In generale, i quadri elettrici sono identificati per tipologia di utilizzo, e in funzione di questo possono avere caratteristiche diverse che interessano la forma, le dimensioni, il materiale utilizzato per le strutture e gli involucri e i sistemi di accesso alle parti attive e agli organi di comando delle apparecchiature installate.

#### Grado di protezione degli involucri

Il grado di protezione (IP 20, IP 40, IP 44, IP 55) degli involucri dei quadri elettrici è da scegliersi in funzione delle condizioni ambientali alle quali il quadro deve essere sottoposto. La classificazione è regolata dalla norma **CEI EN 60529 (CEI 70-1)**, che identifica, nella prima cifra, la protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei e, nella seconda, la protezione contro l'ingresso di liquidi.

I gradi di protezione più comuni sono: IP20; IP 30; IP40; IP44; IP55. In ogni caso, il grado di protezione per le superfici superiori orizzontali accessibili non deve essere inferiore a IP4X o IPXXD.

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

### Allacciamento delle linee e dei circuiti di alimentazione

I cavi e le sbarre in entrata e uscita dal quadro possono attestarsi direttamente sui morsetti degli interruttori. È comunque preferibile, nei quadri elettrici con notevole sviluppo di circuiti, disporre all'interno del quadro stesso apposite morsettiere per facilitarne l'allacciamento e l'individuazione.

Le morsettiere possono essere a elementi componibili o in struttura in monoblocco.

### Caratteristiche degli armadi e dei contenitori per quadri elettrici

I quadri elettrici di distribuzione devono essere conformi alle norme **CEI EN 60439-1**, **CEI EN 60439-3** e **CEI 23-51**.

Possono essere costituiti da un contenitore in materiale isolante, metallico o composto.

Sui pannelli frontali dovranno essere riportate tutte le scritte necessarie ad individuare chiaramente i vari apparecchi di comando, manovra, segnalazione, ecc.

I contenitori in lamiera di acciaio devono avere lo spessore non inferiore a 1,2 mm, e devono essere saldati e accuratamente verniciati a forno internamente ed esternamente con smalti a base di resine epossidiche, previo trattamento preventivo antiruggine. Per consentire l'ingresso dei cavi, il contenitore sarà dotato, sui lati inferiore e superiore, di aperture chiuse con coperchio fissato con viti, o di fori pretranciati.

Tutte le parti metalliche del quadro dovranno essere collegate a terra. Il collegamento di quelle mobili o asportabili sarà eseguito con cavo flessibile di colore giallo-verde o con treccia di rame stagnato di sezione non inferiore a 16 mm<sup>2</sup>, muniti alle estremità di capicorda a compressione ad occhiello.

Le canalette dovranno essere fissate al pannello di fondo mediante viti autofilettanti, o con dado, o con rivetti. Non è ammesso l'impiego di canalette autoadesive.

### Targhe

Ogni quadro elettrico deve essere munito di un'apposita targa, nella quale sia riportato almeno il nome o il marchio di fabbrica del costruttore e un identificatore (numero o tipo) che permetta di ottenere dal costruttore tutte le informazioni indispensabili in lingua italiana.

I quadri elettrici impiegati dall'appaltatore i devono avere la marcatura CE.

### Identificazioni

Ogni quadro elettrico deve essere munito di un proprio schema elettrico, nel quale sia possibile identificare i singoli circuiti e i dispositivi di protezione e comando, in funzione del tipo di quadro, nonché le caratteristiche previste dalle relative norme.

Ogni apparecchiatura di sezionamento, comando e protezione dei circuiti deve essere munita di targhetta indicatrice del circuito alimentato con la stessa dicitura di quella riportata sugli schemi elettrici.

### Predisposizione per ampliamenti futuri

Le dimensioni dei quadri dovranno essere tali da consentire l'installazione di un numero di eventuali apparecchi futuri pari ad almeno il 20% di quelli previsti o installati.

### Cassette di derivazione

Le cassette di derivazione devono essere di dimensioni idonee all'impiego, e possono essere in materiale isolante o metallico. La tipologia deve essere idonea ad essere installata a parete o ad incasso (pareti piene o a sandwich o con intercapedine), con caratteristiche che consentano la planarità e il parallelismo.

Tutte le cassette di derivazione da parete, dovranno essere in PVC pesante con grado di protezione di almeno IP 40 (per i modelli a parete), con nervature e fori pre-tranciati per l'inserzione delle tubazioni, completi di coperchi con idoneo fissaggio e ricoprenti abbondantemente il giunto-muratura.

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

Le cassette devono essere in grado di potere contenere i morsetti di giunzione e di derivazione previsti dalle norme vigenti. Lo spazio occupato dai morsetti utilizzati non deve essere superiore al 70% del massimo disponibile.

Le cassette destinate a contenere circuiti appartenenti a sistemi diversi devono essere dotate di opportuni separatori.

I coperchi delle cassette devono essere rimossi solo con attrezzo. Sono esclusi i coperchi con chiusura a pressione, per la cui rimozione si debba applicare una forza normalizzata.

norma di riferimento  
CEI 23-48.

### **Giunzioni e morsetti**

Le giunzioni e le derivazioni devono essere effettuate solo ed esclusivamente all'interno di quadri elettrici, cassette di derivazione o di canali e passerelle, a mezzo di apposite morsettiere e morsetti.

I morsetti componibili su guida devono rispettare le norme **EN 50022** e **EN 50035**.

I morsetti di derivazione volanti possono essere:

- a vite;
- senza vite;
- a cappuccio;
- a perforazione di isolante.

norme di riferimento  
CEI EN 60947-7-1;  
CEI EN 60998-1;  
CEI EN 60998-2-2;  
CEI EN 60998-2-3;  
CEI EN 60998-2-4.

### **Impianto di terra**

L'impianto di terra deve essere composto dai seguenti elementi:

- dispersori;
- conduttori di terra;
- collettore o nodo principale di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali.

L'impianto di messa a terra deve essere opportunamente coordinato con dispositivi di protezione (nel sistema TT sempre con interruttori differenziali) posti a monte dell'impianto elettrico, atti ad interrompere tempestivamente l'alimentazione elettrica del circuito guasto in caso di eccessiva tensione di contatto.

L'impianto deve essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche e le misure periodiche necessarie a valutarne il grado d'efficienza.

### **Dispersore**

Il dispersore è il componente dell'impianto che serve per disperdere le correnti verso terra, ed è generalmente costituito da elementi metallici quali tondi, profilati, tubi, nastri, corde, piastre aventi dimensioni e caratteristiche in riferimento alla norma **CEI 64-8**.

È economicamente conveniente e tecnicamente consigliato utilizzare come dispersori i ferri delle armature nel calcestruzzo a contatto del terreno.

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

Nel caso di utilizzo di dispersori intenzionali, affinché il valore della resistenza di terra rimanga costante nel tempo, si deve porre la massima cura all'installazione e alla profondità del dispersore da installarsi preferibilmente all'esterno del perimetro dell'edificio.

Le giunzioni fra i diversi elementi dei dispersori, e fra il dispersore e il conduttore di terra, devono essere effettuate con morsetti a pressione, saldatura alluminotermica, saldatura forte o autogena, o con robusti morsetti o manicotti, purché assicurino un contatto equivalente.

Le giunzioni devono essere protette contro la corrosione, specialmente in presenza di terreni particolarmente aggressivi.

### **Conduttore di terra**

Il conduttore di terra è il conduttore che collega il dispersore al collettore (o nodo) principale di terra, oppure i dispersori tra loro; generalmente, è costituito da conduttori di rame (o equivalente) o ferro.

I conduttori parzialmente interrati e non isolati dal terreno devono essere considerati come dispersori per la parte interrata, e conduttori di terra per la parte non interrata o isolata dal terreno. Il conduttore di terra deve essere affidabile nel tempo, resistente e adatto all'impiego. Possono essere impiegati corde, piattine o elementi strutturali metallici inamovibili. Le sezioni minime del conduttore di terra sono riassunte nella seguente tabella.

#### **- Sezioni minime del conduttore di terra**

| Caratteristiche di posa del conduttore   | Sezione minima [mm <sup>2</sup> ] |
|--|-----------------------------------|
| Protetto contro la corrosione (ad esempio, con una guaina) ma non meccanicamente | 16 (rame)<br>16 (ferro zincato)   |
| Non protetto contro la corrosione  | 25 (rame)<br>50 (ferro zincato)   |

### **Collettore (o nodo) principale di terra**

In ogni impianto deve essere previsto (solitamente nel locale cabina di trasformazione, nel locale contatori o nel quadro generale) in posizione accessibile (per effettuare le verifiche e le misure), almeno un collettore (o nodo) principale di terra.

A tale collettore devono essere collegati:

- il conduttore di terra;
- i conduttori di protezione;
- i conduttori equipotenziali principali;
- l'eventuale conduttore di messa a terra di un punto del sistema (in genere il neutro);
- le masse dell'impianto MT.

Ogni conduttore deve avere un proprio morsetto opportunamente segnalato e, per consentire l'effettuazione delle verifiche e delle misure, deve essere prevista la possibilità di scollegare, solo mediante attrezzo, i singoli conduttori che confluiscono nel collettore principale di terra.

### **Conduttori di protezione**

Il conduttore di protezione parte del collettore di terra, collega in ogni impianto e deve essere collegato a tutte le prese a spina (destinate ad alimentare utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante messa a terra). Può anche essere collegato direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione con parti metalliche comunque accessibili. È vietato l'impiego di conduttori di protezione non protetti meccanicamente con sezione inferiore a 4 mm<sup>2</sup>. Nei sistemi TT (cioè nei sistemi in cui le masse sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico), il conduttore di neutro non può essere utilizzato come conduttore di protezione.

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

La sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non deve essere inferiore a quella indicata nella tabella 83.2, tratta dalle norme **CEI 64-8**.

- Sezione minima del conduttore di protezione (CEI 64-8)

| Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio [mm <sup>2</sup> ] | Conduttore di protezione appartenente allo stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase [mm <sup>2</sup> ] | Conduttore di protezione non appartenente allo stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase [mm <sup>2</sup> ] |
|--|---|---|
| minore o uguale a 16<br>uguale a 35  | 16  | 16  |
| maggiore di 35   | metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme                | metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme                        |

**Conduttori di equipotenziale**

Il conduttore equipotenziale ha lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee, ovvero le parti conduttrici non facenti parte dell'impianto elettrico e suscettibili di introdurre il potenziale di terra (norma **CEI 64-8/5**).

L'appaltatore deve curare il coordinamento per la realizzazione dei collegamenti equipotenziali, richiesti per tubazioni metalliche o per altre masse estranee all'impianto elettrico che fanno parte della costruzione. È opportuno che vengano assegnate le competenze di esecuzione.

Si raccomanda una particolare cura nella valutazione dei problemi d'interferenza tra i vari impianti tecnologici interrati ai fini della limitazione delle correnti vaganti, potenziali cause di fenomeni corrosivi. Si raccomanda, infine, la misurazione della resistività del terreno.

**ART. 2 IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE. VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE**

**Generalità**

Le operazioni delle verifiche dell'impianto illuminotecnico sono simili a quelle di un impianto elettrico, e comprendono:

- esami a vista;
- rilievi strumentali;
- calcoli di controllo.

**Esami a vista**

L'esame a vista è condotto dal direttore dei lavori sulla base della documentazione di progetto. Dovrà essere verificata la rispondenza degli apparecchi di illuminazione installati, completi di tutti gli accessori, siano rispondenti alle prescrizioni progettuali, e in particolare del capitolato speciale d'appalto.

**Impianti di illuminazione interna**

Gli impianti di illuminazione interna devono essere verificati eseguendo misure dirette alla determinazione:

- dell'illuminamento medio e dell'uniformità;



## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

- della luminanza nel campo visivo;
- dell'abbagliamento prodotto dall'impianto,
- del contrasto del testo stampato con inchiostro nero su carta bianca.

### Misura dell'illuminamento medio e dell'uniformità

#### Misura dell'illuminamento medio

La misura dell'illuminamento medio ha lo scopo di accertare che i livelli e l'uniformità di illuminamento siano conformi alle prescrizioni contrattuali.

In particolare, l'analisi deve riguardare:

– impianti di illuminazione generale:

- illuminamento massimo in lux  $\geq$  dati di progetto;
- lux max/lux min  $\leq$  dati di progetto.

– impianti di illuminazione concentrata:

- illuminamento medio sul piano interessato  $\geq$  dati di progetto;

– impianti di illuminazioni esterna:

- illuminamento minimo nell'area illuminata lux  $\geq$  dati di progetto;
- lux max/lux min  $\leq 4$  (se il progetto non prevede condizioni più gravose).

La misura dell'illuminamento artificiale deve essere eseguita in assenza totale di luce naturale. Durante il giorno è, perciò, essenziale oscurare gli infissi con elementi in vetro.

L'illuminamento deve essere misurato mediante un reticolo, costruito in funzione dell'indice del locale, ed eseguendo la misura al centro di ogni maglia.

La misurazione deve essere eseguita mediante un luxmetro, con precisione non inferiore a 5%, posto in posizione orizzontale a 85-90 cm dal pavimento per attività da svolgere in piedi e all'altezza del compito visivo nel posto di lavoro, solitamente 75 cm. La cellula deve essere disposta perpendicolarmente alla direzione del flusso luminoso e la lettura deve essere effettuata a cellula ferma.

- Valori di illuminamento raccomandati

| Compito visivo                 | Ambiente                   | Illuminamento [lux] |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Visione generale               | Scale, corridoi            | 70-100              |
| Lavori manuali grossolani      | Magazzini                  | 100-200             |
| Lettura, scrittura             | Uffici                     | 200-400             |
| Studio e lavori impegnativi    | Scuole                     | 300-500             |
| Disegno e lavori di precisione | Uffici tecnici, laboratori | oltre 500           |

#### Misura di luminanza nel campo visivo

La luminanza deve essere misurata con il luminanzometro fissato su supporto orientabile e regolabile in altezza sulle superfici. L'angolo di apertura dello strumento è solitamente  $\leq 1^\circ$ . Lo strumento deve puntato nella direzione di osservazione dell'utente durante l'attività lavorativa, eseguendo le misure:

- del compito visivo;
- dello sfondo che contiene il compito visivo;
- delle zone periferiche circostanti il compito visivo;
- delle zone verticali più lontane poste di fronte all'osservatore.

#### Abbagliamento

Il grado di abbagliamento (o indice di abbagliamento) è un parametro di tipo convenzionale per la valutazione dell'effetto provocato all'osservatore.

L'abbagliamento può essere valutato mediante appositi diagrammi relativi ad ogni apparecchio, che forniscono la luminanza limite di abbagliamento al variare dell'angolo visivo da  $45^\circ$  a  $85^\circ$ , riferito ad ogni classe di qualità in corrispondenza al livello di illuminamento previsto. Il controllo dell'abbagliamento deve

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

essere eseguito sulla base della relazione geometrica tra l'apparecchio e l'osservatore rivolto verso lo stesso.

- Classi di qualità per la limitazione dell'abbagliamento

| Tipo di compito o attività   | Grado di abbagliamento | Classe di qualità |
|--|------------------------|-------------------|
| Compiti visivi molto difficoltosi  | 1,15                   | A                 |
| Compiti visivi che richiedono prestazioni visive elevate   | 1,5                    | B                 |
| Compiti visivi che richiedono prestazioni visive normali   | 1,85                   | C                 |
| Compiti visivi che richiedono prestazioni visive modeste   | 2,2                    | D                 |
| Interni dove le persone non sono confinate in una posizione di lavoro precisa, ma si spostano da un posto all'altro esplicando compiti che richiedono prestazioni visive modeste | 2,5                    | E                 |

Fonte: Cataliotti V., Morana G., *Impianti elettrici di illuminazione*, Dario Flaccovio, Palermo, 1998.

### Misura del contrasto

Un importante fattore da controllare, in fase di verifica dell'impianto, è la resa del contrasto che può definirsi la valutazione dell'aspetto di due zone del campo visive viste simultaneamente.

- Classi di qualità per la resa del contrasto

| Classi di qualità per la resa del contrasto | CRF.R       | Aree di applicazione per lettura e scrittura   |
|---|-------------|--|
| I   | $\geq 1,00$ | Interni ove si usano prevalentemente materiali lucidi (per esempio, sale per composizione tipografica) |
| II  | $\geq 0,85$ | Materiali lucidi usati saltuariamente (per esempio, uffici e scuole normali)                           |
| III   | $\geq 0,70$ | Interni dove i materiali sono normalmente diffondenti (per esempi, scuole e certi tipi di uffici)      |

Fonte: CIE Publication, n. 29.2, 1986.

### Impianti di illuminazione esterna

La verifica degli impianti di illuminazione esterna è basata su misure relative alla determinazione dell'illuminamento medio e dell'abbagliamento prodotto sulla carreggiata stradale.

Per la misura della luminanza sulla carreggiata, secondo le raccomandazioni CIE, deve essere eseguito ai nodi un reticolo avente le seguenti caratteristiche:

- senso longitudinale: maglia con lato non superiore ad un 1/3 dell'interdistanza tra i centri luminosi;
- senso trasversale: minimo due punti per ogni corsia di marcia.

La misura della luminanza è eseguita con un luminanzometro posto ad un'altezza di 150 cm dalla carreggiata e con inclinazione di 1° al di sotto dell'orizzontale. L'illuminamento è misurato con un luxmetro, in questo caso dotato di cupola diffondente.

### Misura dell'abbagliamento

La misura dell'abbagliamento consiste nella misura della luminanza velante dovuta ai proiettori ( $L_{vi}$ ) e della luminanza velante dovuta alla luce ( $L_{vo}$ ). I valori degli indici vanno raccolti in tabelle.

La misura di  $L_{vi}$  può essere eseguita mediante:

- l'illuminamento  $E$  prodotto da tutte le sorgenti di luce misurato all'altezza dell'occhio in un piano perpendicolare alla direzione di osservazione considerata;

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

- la misura degli angoli compresi fra la direzione di osservazione e le direzioni di provenienza della luce emessa da tutti gli apparecchi illuminanti.

Le misurazioni devono essere eseguite a 150 cm dal suolo. La misura dei proiettori installati su un sostegno va effettuata schermato l'apparecchio luminoso da tutte le radiazioni luminose non appartenenti al sostegno in oggetto. In caso di proiettori disposti su file continue, si dividerà ogni fila in segmenti che sottendono angoli superiori a 5°, e per ciascuno di essi dovrà considerarsi una misura rivolta verso il suo centro. Durante le misure devono essere schermate le radiazioni luminose provenienti dai proiettori limitrofi.

### Art. 3 GARANZIE DEGLI IMPIANTI

L'Azienda installatrice ha l'obbligo di garantire tutti gli impianti previsti in progetto (la durata della garanzia sarà decisa fra il Committente e la Ditta installatrice) e dovrà rilasciare (entro 30gg. Dalla fine dei lavori) la dichiarazione di conformità secondo il DM n°37 del 22/01/2008 (completa della documentazione definitiva di progetto redatta da professionista abilitato: onere a carico della Ditta Installatrice). Si intendono a suo carico, in tale periodo, tutte quelle riparazioni, sostituzioni o ricambi che si rendessero necessari a causa della cattiva qualità dei materiali impiegati o per difetti di montaggio. Sono escluse dalla garanzia le riparazioni dei danni dipendenti dalla imperizia del personale addetto all'esercizio degli impianti stessi. L'Azienda Installatrice non risponde di eventuali danni provocati da altri impianti o da carenze nei lavori edili. Nel periodo di garanzia, gli impianti non potranno essere modificati o manomessi dal Committente o da personale da lui comandato estraneo all'Azienda Installatrice. In caso contrario quest'ultima verrà automaticamente esonerata da obblighi di garanzia per parte di impianto manomesso e per eventuali danni ad altre parti dell'impianto che siano conseguenza della manomissione.

### Art. 4 POTENZA IMPEGNATA E DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

Gli impianti elettrici devono essere calcolati sulla base della potenza impegnata; ne consegue quindi che le prestazioni e le garanzie per quanto concerne le portate di corrente, le cadute di tensione, le protezioni e l'esercizio in genere, sono riferite alla potenza impegnata. Detta potenza viene indicata dal Committente o calcolata in base a dati forniti dal Committente. In mancanza di indicazioni, si fa riferimento al carico convenzionale dell'impianto. Il carico convenzionale viene calcolato sommando tutti i valori ottenuti applicando alla potenza nominale degli apparecchi utilizzatori fissi ed alla potenza corrispondente alla corrente nominale delle prese a spina, i coefficienti dedotti dalle tabelle che seguono.

### Art. 5 IMPIANTI TRIFASI

*Il dimensionamento degli impianti trifasi (per i quali non è prevista una limitazione della potenza contrattuale da parte dell'Ente Distributore) sarà determinato, di volta in volta, secondo i criteri della buona tecnica nel rispetto delle norme CEI. In particolare, per quanto riguarda il dimensionamento delle condutture, occorrerà tener conto della potenza impegnata calcolata nel seguente modo:*

*1) determinazione della potenza media del singolo utilizzatore nelle condizioni di normale esercizio in funzione della potenza di targa:*

$$P_m = K_u \times P_t$$

dove:

$P_m$  = potenza media

$K_u$  = coefficiente di utilizzazione

$P_t$  = potenza di targa.

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

Il coefficiente di utilizzazione è il rapporto tra la potenza mediamente assorbita e la sua potenza nominale; i valori più usati nelle applicazioni pratiche sono riportati nella tabella I

Tabella I - **FATTORI DI UTILIZZAZIONE**

| TIPO DI UTILIZZATORE  | KU            |
|-----------------------|---------------|
| LAMPADE               | 1             |
| MOTORI DA 0.5 A 2kW   | 0.7           |
| MOTORI DA 2 kW A 10kW | 0.75          |
| MOTORI OLTRE I 10kW   | 0.8           |
| MACCHINE UTENSILI     | tra 0.6 e 0.8 |
| POMPE, VENTILATORI    | 1             |

2) Determinazione della potenza totale Pt, data dalla somma delle potenze medie assorbite da ogni singolo utilizzatore (Pm1+Pm2+.....PmN) moltiplicata per il coefficiente di contemporaneità Kc:

$$Pt=(Pm1+Pm2+.....PmN) \times Kc$$

Il coefficiente di contemporaneità deve essere valutato a seconda del tipo d'impianto con criteri stabiliti in base ai dati ricavati dall'esperienza. Esistono tuttavia, anche in questo caso, tabelle che forniscono valori indicativi. Nel caso di impianti industriali, impieganti in prevalenza motori, si adottano normalmente i valori della tabella II.

Tabella II - **FATTORI DI CONTEMPORANEITA' PER IMPIANTI INDUSTRIALI**

| TIPO DI UTILIZZATORE | Numero     | Kc   |
|----------------------|------------|------|
| FORNI                | fino a 2   | 1    |
| MOTORI DA 0.5 A 2kW  | fino a 10  | 0.6  |
|                      | fino a 20  | 0.5  |
|                      | fino a 50  | 0.4  |
| MOTORI DA 2.5 A 10kW | fino a 10  | 0.7  |
|                      | fino a 50  | 0.45 |
|                      | fino a 100 | 0.4  |
| MOTORI DA 10 A 30kW  | fino a 5   | 0.8  |
|                      | fino a 10  | 0.65 |
|                      | fino a 50  | 0.5  |
| MOTORI OLTRE 30kW    | fino a 2   | 0.9  |
|                      | fino a 5   | 0.7  |
|                      | fino a 10  | 0.6  |
| ILLUMINAZIONE        | qualsiasi  | 0.8  |

Dopo aver calcolato la potenza totale Pt si potrà stabilire la sezione dei conduttori più idonea, in relazione alla potenza da trasportare e tenendo conto del fattore di potenza e della distanza da coprire. Particolare attenzione deve essere posta nella scelta dei dispositivi di manovra e protezione per i quali occorre rivolgersi ad aziende in grado di garantire le apparecchiature idonee in funzione del tipo di impianto. Il potere d'interruzione degli interruttori automatici deve essere almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

**Art. 6 CORRENTI NELL'IMPIANTO**

Si definisce corrente di impiego Ib la corrente che percorre un impianto (alimentato alla tensione nominale e con fattore di potenza nominale) quando questi assorbe tutta la potenza impegnata. Si definisce PORTATA A REGIME DI UN CAVO Iz, il massimo valore della corrente che, in regime

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

*permanente ed in condizioni specificate, il cavo può sopportare senza che la temperatura dell'isolante superi un valore prefissato. Nei cavi che formano oggetto della presente relazione, la portata a regime è quella indicata nella tabella CEI - UNEL 35024*

### **Art. 7 CAVI E CONDUTTORI**

I conduttori, ad eccezione delle installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente. Dette protezioni possono essere: tubazioni, canalette portacavi, passerelle oppure condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile.

#### **ISOLAMENTO DEI CAVI**

I cavi elettrici utilizzati nei sistemi di prima categoria debbono avere tensioni  $U_0/U$  non inferiori a 450/750V (simbolo di designazione 0.7), dove:

*$U_0$  = tensione nominale verso terra;*

*$U$  = tensione nominale.*

Per i cavi utilizzati nei circuiti di comando e segnalazione le tensioni  $U_0/U$  non debbono essere inferiori a 300/500V (simbolo di designazione 05). Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canali a cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore.

#### **REQUISITI PARTICOLARI DEI CAVI**

**Propagazione del fuoco lungo i cavi.**

I cavi in aria installati singolarmente, cioè distanziati tra loro di almeno 250mm, devono rispondere alla prova di non propagazione della fiamma prevista dalla Norma CEI 20-35. Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, devono essere conformi alla Norma CEI 20-22 e CEI EN 50266-1.

**Provvedimenti contro il fumo.**

In caso di installazione di notevoli quantità di cavi in ambienti chiusi, frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione, devono essere adottati sistemi di posa atti ad impedire il dilagare del fumo negli ambienti stessi o, in alternativa, cavi a bassa emissione di fumo come prescritto dalle Norme CEI 20-37 e 20-38.

**Problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi.**

Se i cavi sono installati in ambienti chiusi frequentati dal pubblico, oppure si trovano a coesistere in ambienti chiusi con apparecchiature particolarmente vulnerabili ad agenti corrosivi, deve essere tenuto presente che i cavi, bruciando, sviluppano gas tossici e corrosivi. Ove tale pericolo sussista occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare tali gas ( Norma CEI 20-37 e 20-38).

#### **COLORI DISTINTIVI DEI CAVI**

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle tabelle CEI - UNEL 00722 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e di protezione devono essere contraddistinti rispettivamente con il colore blu chiaro e giallo-verde. I conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco, in tutto l'impianto, dai colori: nero, marrone e grigio cenere.

#### **SEZIONI E CADUTE DI TENSIONE NEI CAVI**

Le sezioni dei conduttori sono state calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti; la caduta di tensione non deve superare il 4% della tensione a vuoto. Le sezioni, scelte tra quelle

## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

unificate nelle tabelle CEI - UNEL, devono garantire la portata di corrente prevista, per i diversi circuiti. Per la verifica delle cadute di tensione massime ammissibili è stata usata la tabella UNEL 35023-70.

### SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI NEUTRO

I conduttori di neutro devono avere la stessa sezione dei conduttori di fase. Per i conduttori dei circuiti polifasi, con sezione superiore a 16mmq, se in rame (25mmq se in alluminio), è ammesso il neutro di sezione ridotta, ma comunque non inferiore a 16mmq (rame), 25mmq (alluminio), purché siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- il carico sia essenzialmente equilibrato, e comunque il neutro di sezione ridotta assicuri la necessaria portata in servizio ordinario;
- sia assicurata la protezione contro le sovracorrenti.

### SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI TERRA E DI PROTEZIONE

La sezione dei conduttori di terra e protezione, può essere dedotta dalla tabella III.

Se dall'applicazione della tabella III risulta una sezione non unificata occorre adottare il conduttore avente sezione unificata in eccesso rispetto al valore calcolato.

Tabella III

| SEZIONE Sf (mmq) DEI CONDUTTORI DI FASE DELL'IMPIANTO | Sezione minima Sp (mmq) del corrispondente conduttore di protezione |
|---|---|
| Sf <16  | Sp=Sf   |
| 16<Sf<35  | 16  |
| Sf>35   | Sp=Sf/2   |

Se il conduttore di protezione non fa parte della stessa condotta dei conduttori di fase, la sua sezione non deve essere minore di:

- 2.5mmq in presenza di una protezione meccanica;
- 4mmq se non vi è alcuna protezione meccanica.

### SEZIONE MINIMA DEL CONDUTTORE DI TERRA

La sezione del conduttore di terra deve essere determinata sulla base dei criteri indicati nella sezione 542 art.542.3.1 delle Norme CEI 64-8.

### CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI

Non è necessario collegare gli elementi conduttori che non siano tali da introdurre un potenziale, come per es. certi serramenti, certe griglie di ventilazione e certe scale metalliche. Il collegamento dei ferri di armatura nel calcestruzzo può essere limitato a quelli nel calcestruzzo annegato nel terreno.

### CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI PRINCIPALI

I conduttori equipotenziali principali devono avere una sezione non inferiore a metà di quella del conduttore di protezione di sezione più elevata dell'impianto, con un minimo di 6mmq. Non è richiesto, tuttavia, che la sezione superi 25mmq, se il conduttore equipotenziale è di rame, o una sezione di condotta equivalente, se il conduttore è di materiale diverso.

### CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI SUPPLEMENTARI

Un conduttore equipotenziale supplementare che colleghi due masse deve avere sezione non inferiore a quella del più piccolo conduttore di protezione collegato a queste masse. Un conduttore equipotenziale supplementare che connette una massa ad una massa estranea deve avere una sezione non inferiore alla metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione. Quanto indicato in 543.1.3 della Norma

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

CEI 64-8 deve essere in ogni caso soddisfatto. Il collegamento equipotenziale supplementare può essere assicurato anche da masse estranee, di natura permanente, quali carpenterie metalliche, oppure da una loro combinazione con conduttori supplementari.

**COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI IN CORRISPONDENZA DEI CONTATORI DELL'ACQUA**

Nei casi in cui le tubazioni dell'acqua di un edificio siano usate come conduttori di terra o come conduttori di protezione, i contatori dell'acqua devono essere cortocircuitati mediante un conduttore, che deve essere di sezione adeguata secondo il suo uso come conduttore di protezione o conduttore di terra.

**Art. 8 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE**

*I conduttori attivi degli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi pericolosi o da corto-circuiti.*

**Art. 9 PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI**

Tale protezione deve essere effettuata secondo le prescrizioni contenute nella sezione 433 della Norma CEI 64-8. In particolare devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

$$I_{\beta} \leq I_v \leq I_{\zeta}$$
$$I_{\phi} \leq 1.45I_{\zeta}$$

dove:

*I<sub>β</sub>*= corrente di impiego della conduttura;

*I<sub>ζ</sub>*= portata della conduttura;

*I<sub>v</sub>*= corrente nominale del dispositivo di protezione;

*I<sub>φ</sub>*= corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione.

**Art. 10 PROTEZIONE CONTRO I CORTO CIRCUITI**

Tale protezione deve essere effettuata secondo le indicazioni contenute nella sezione 434 della Norma CEI 64-8. In generale la protezione viene effettuata installando dispositivi atti ad interrompere le correnti di corto circuito prima che tali correnti possano diventare pericolose per gli effetti termici e meccanici nei conduttori e nelle relative connessioni. I dispositivi di protezione devono rispondere a due requisiti fondamentali:

- 1) avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione. E' tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore, a condizione che a monte, vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere d'interruzione; in questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia specifica passante, detta anche integrale di Joule ( $F \times t$ ), lasciata passare dal dispositivo a monte, non risulti superiore a quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette.
- 2) Intervenire in un tempo inferiore a quello che porterebbe la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile. Questa condizione, per i corto circuiti che non superano i 5s, è normalmente verificata dalla formula:

$$I^2 \xi \tau \leq K^2 \xi \Sigma^2$$

dove:

*I<sub>t</sub>* = integrale di Joule per la durata del corto circuito;

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

*S= sezione dei conduttori;*

**K= coefficiente il cui valore è riportato nella Norma CEI 64-8 e che varia al variare del tipo di cavo (è uguale a 115 per cavi in rame isolati in PVC, a 135 per cavi in rame isolati in gomma ordinaria ed a 146 per cavi in rame isolati in gomma etilpropilenica e polietilene reticolato).**

**Art. 11 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI**

**La protezione contro i contatti diretti e indiretti deve essere realizzata secondo quanto riportato nei riferimenti normativi e di legge:**

- CEI 64-8 VI° edizione
- DLgs 81 del 09 Aprile 2008

**Si riporta di seguito i sistemi di protezione ammessi nei sistemi a bassa tensione (1000Vac e 1500Vcc) e rispondenti a quanto riportato nel cap. 41 della Norma CEI 64-8 IV° edizione.**

**PROTEZIONE COMBINATA CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI**

*Protezione mediante bassissima tensione:*

- sistemi SELV o PELV (art. 411.1 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)

*Protezione mediante limitazione dell'energia di scarica (art. 411.2 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919).*

**PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI NEI SISTEMI A BASSISSIMA TENSIONE FUNZIONALE**

*Sistemi FELV (art. 413.3 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*

**PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI**

*La protezione contro i contatti diretti si divide in totale e parziale.*

**La protezione totale deve essere eseguita:**

- a) mediante isolamento della parti attive (art. 412.1 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*
- b) mediante involucri e barriere (art. 412.2 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*

*Quando sia necessario togliere, aprire le barriere e gli involucri o parti di questi, l'operazione deve essere possibile soltanto mediante uno di questi modi:*

- *con l'uso di una chiave o di un attrezzo;*

*il ripristino sarà possibile solamente dopo la sostituzione e la richiusura delle barriere o degli involucri.*

- *con l'utilizzo di una barriera intermedia con grado di protezione non inferiore a IPXXB a protezione del contatto con parti attive; tale barriera potrà essere rimossa solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo.*

**La protezione parziale deve essere eseguita:**

- a) protezione mediante ostacoli (art. 412.3 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*
- b) protezione mediante distanziometro (art. 412.4 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*
- c) protezione addizionale mediante differenziali (art. 412.5 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919).*

**L'uso di interruttori differenziali con I<sub>dn</sub> non superiore a 30mA è considerata una protezione aggiuntiva perché non permette di evitare infortuni provocati dal contatto simultaneo con due parti attive del circuito protetto che si trovano a potenziali differenti.**

**PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

*La protezione contro i contatti indiretti si dovrà realizzare nei seguenti modi:*

- a) senza l'interruzione automatica del circuito:*

- *impiego di componenti di classe II o con isolamento equivalente (art. 413.2 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*
- *per separazione elettrica (art. 413.5 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*
- *per mezzo di locali isolanti ( art. 413.3 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)*



## SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)

- per mezzo di locali resi equipotenziali e non connessi a terra (art. 413.4 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)
- b) con interruzione automatica del circuito ( l'interruzione automatica dell'alimentazione è richiesta quando si possono avere effetti fisiologici dannosi in una persona, in caso di guasto, a causa del valore e della durata della tensione di contatto; art. 413.1 e 413.1.1 CEI 64-8 parte 4 fasc. 1919)

### **PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI CON INTERRUZIONE AUTOMATICA DEI CIRCUITI**

Protezione contro i contatti indiretti con interruttori differenziali coordinati con l'impianto di terra secondo la formula:

$$P \leq 50/I$$

dove:

R= resistenza di terra (Ohm)

50= massima tensione di contatto (Volt)

I= corrente di intervento del dispositivo di protezione (A).

### **Art. 12 REQUISITI DI RISPONDEZZA A NORME, LEGGI E REGOLAMENTI**

Tutti gli impianti, i materiali e le apparecchiature, devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle Leggi n°186 del 1/3/68 e DM 37 del 22/01/2008

Le caratteristiche degli impianti e dei loro componenti, devono essere conformi alle Leggi ed ai Regolamenti vigenti alla data del contratto; in particolare devono essere conformi:

- alle Norme CEI;
- alle prescrizioni ed alle indicazioni dell'ENEL o dell'azienda distributrice dell'energia elettrica, per quanto di loro competenza nei punti di consegna;
- alle prescrizioni ed alle indicazioni della TELECOM.

Le principali Leggi alle quali occorre attenersi nella realizzazione degli impianti sono:

Legge 186 del 01/03/68

Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione ed impianti elettrici ed elettronici.

DLgs 626 del 25/11/96

Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione.

DLg 277 del 31/07/97

Modifiche al DLgs 626 del 25/11/96 recante attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione.

Decreto 37 del 22/01/08

Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies, comma 13, lettera A, della Legge n°248 del 02/12/2005, recante riordino delle disposizioni in materia di installazione degli impianti elettrici all'interno degli edifici.

DLgs 81 del 09/04/08

Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007 n°123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

Per quanto concerne le norme CEI, devono essere ottemperate le disposizioni contenute nelle seguenti Norme:

CEI 11-1

Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di

**SPECIFICHE TECNICHE E PRESTAZIONALI – IMPIANTI ELETTRICI (CSA parte II)**

|                       |                   |   |
|-----------------------|-------------------|---|
| CEI 11-17             |                   | <i>energia elettrica. Impianti di terra.<br/>Impianti di produzione, trasporto, distribuzione<br/>energia elettrica. Linee in cavo.</i>                     |
| CEI EN 60439          |                   | <i>Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra<br/>per bassa tensione (quadri BT);</i>   |
| CEI 17-5              |                   | <i>Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2:<br/>Interruttori automatici.</i>  |
| CEI 23-3              |                   | <i>Interruttori automatici di sovracorrente per usi<br/>domestici e similari. (Per tensione nominale non<br/>superiore a 415 V in corrente alternata).</i>  |
| CEI 23-42             |                   | <i>Interruttori differenziali senza sganciatori di<br/>sovracorrente incorporati per installazioni domestiche<br/>e similari</i>                            |
| CEI 23-44             |                   | <i>Interruttori differenziali con sganciatori di<br/>sovracorrente incorporati per installazione domestiche<br/>e similari</i>                              |
| CEI 23-51             |                   | <i>Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le<br/>prove dei quadri di distribuzione per installazioni<br/>fisse per uso domestico e similare.</i> |
| CEI 64-8 VI° edizione |                   | <i>Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non<br/>superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in<br/>corrente continua.</i>              |
|                       | <i>fasc. 8608</i> | <i>Parte 1: Scopo e principi fondamentali.</i>  |
|                       | <i>fasc. 8609</i> | <i>Parte 2: Definizioni.</i>  |
|                       | <i>fasc. 8610</i> | <i>Parte 3: Caratteristiche generali.</i>   |
|                       | <i>fasc. 8611</i> | <i>Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza.</i>  |
|                       | <i>fasc. 8612</i> | <i>Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici</i>  |
|                       | <i>fasc. 8613</i> | <i>Parte 6: Verifiche.</i>  |
|                       | <i>fasc. 8614</i> | <i>Parte 7: Ambienti e applicazioni particolari.</i>  |
| UNI EN 1838           |                   | <i>Illuminazione di sicurezza negli ambienti di lavoro</i>  |
| UNI EN 12464-1        |                   | <i>Illuminazione ordinaria negli ambienti di lavoro</i>   |