



COMUNE DI PONTECAGNANO FAIANO (Provincia di Salerno)

SETTORE LAVORI PUBBLICI INFRASTRUTTURE PATRIMONIO
IGIENE URBANA E S.A.D. "PICENTINI E BATTIPAGLIA"

PROGETTO ESECUTIVO

ai sensi dell'art. 41 del D. Lgs. n. 36 del 31 Marzo 2023

OGGETTO

LAVORI DI " "REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO
VIA ABATE CONFORTI-VIA SANDRO PERTINI
LOCALITA' SAN ANTONIO

TAVOLA

14

ELABORATO

Calcoli impianti elettrico ed illuminazione

Data:

Ottobre 2025

Scala

Progettista architettonico:

Ing. Rosario Antonini



Responsabile del Settore e RUP:

Arch. Giovanni Landi

Revisione del

Revisione del

Revisione del

1. PREMESSA.....	1
2. NORME DI RIFERIMENTO	2
2.1. CORPO LEGISLATIVO.....	2
2.2. CORPO NORMATIVO	3
3. TIPO DI ALIMENTAZIONE.....	5
4. DATI DIMENSIONALI DELL'IMPIANTO	5
5. QUALITÀ DEI MATERIALI	6
6. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI IMPIANTISTICA ELETTRICA	6
6.1. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE	6
7. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	7
8. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO	7
9. PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO	8
10. PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO A FINE LINEA	10
11. MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA DI UNA LINEA	11
12. CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	12
13. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	13
14. PRESCRIZIONI PER AMBIENTI PARTICOLARI.....	14
15. COMANDO DI EMERGENZA.....	15
16. TIPOLOGIA DI CAI DA IMPIEGARE	15
17. MODALITA' DI POSA	20
18. TUBAZIONI, SCATOLE DI DERIVAZIONE E GIUNZIONI	22
19. QUADRI ELETTRICI	23
20. QUADRI ELETTRICI, CONTINUITÀ DI SERVIZIO E SELETTIVITÀ DELLE PROTEZIONI	23
21. GRUPPO STATITO UPS.....	25
22. IMPIANTO FOTOVOLTAICO	25
23. DETERMINAZIONE DELLA POTENZA CONTRATTUALE	26

24. DISTRIBUZIONE DELLA FORZA MOTRICE	26
25. IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE.....	28
26. ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA E SICUREZZA	30
27. IMPIANTO DI MESSA A TERRA	35
28. INDICAZIONI PER IL PIANO DI MANUTENZIONE.....	44
29. SPECIFICHE TECNICHE E QUALITATIVE PER REALIZZAZIONE IMPIANTO (CONCETTI GENERALI)	49
29.1. <i>GENERALITÀ DEI CONDUTTORI</i>	<i>49</i>
29.2. <i>CAVI DI POTENZA.....</i>	<i>50</i>
29.3. <i>TIPI DI POSA CAVI DI POTENZA</i>	<i>50</i>
29.4. GENERALITÀ TUBAZIONI.....	51
29.5. <i>TUBAZIONI ISOLANTI IN PVC DEL TIPO RIGIDO</i>	<i>51</i>
29.6. <i>TUBAZIONI ISOLANTI IN PVC DEL TIPO PIEGHEVOLE.....</i>	<i>52</i>
29.7. <i>RACCORDO FLESSIBILE CON SPIRALE IN PVC (GUAINA).....</i>	<i>52</i>
29.8. <i>IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI</i>	<i>53</i>
29.9. IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	53
29.10. <i>QUADRI ELETTRICI</i>	<i>53</i>
30. CARATTERISTICHE E PRESCRIZIONI ADOTTATE PER PROTEZIONE IMPIANTO E PERSONE.....	54
30.1. <i>TENSIONE NOMINALE DEL CAVO</i>	<i>54</i>
30.2. <i>PORTATA E SEZIONE DEL CAVO</i>	<i>54</i>
30.3. <i>PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO</i>	<i>55</i>
30.4. <i>PROTEZIONE CONTRO IL CORTO-CIRCUITO</i>	<i>56</i>
30.5. <i>VERIFICA CADUTA DI TENSIONE</i>	<i>57</i>
30.6. <i>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....</i>	<i>57</i>
30.7. <i>ISOLAMENTO</i>	<i>57</i>
30.8. <i>INVOLUCRI E BARRIERE</i>	<i>58</i>
30.9. <i>PROTEZIONE ADDIZIONALE MEDIANTE INTERRUTTORI DIFFERENZIALI</i>	<i>58</i>
30.10. <i>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....</i>	<i>58</i>
31. CONCLUSIONI.....	59

1. PREMESSA

Il presente progetto ha per oggetto la realizzazione dell'impianto elettrico a servizio di un asilo nido facente parte del **PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA (PFTE) ai sensi dell'art. 41 del D. Lgs. n. 36 del 31 Marzo 2023**. L'immobile *de quo* è ubicato nel territorio del comune di Pontecagnano-Faiano (SA) in via Pertini. Si è provveduto pertanto all'elaborazione della documentazione tecnica contenete tutto quanto previsto dal D.M. 37/08 e nello specifico all'art. 5, in quanto l'impianto elettrico eccede i limiti imposto dal Decreto stesso; pertanto l'impianto elettrico deve essere provvisto di progetto redatto da professionista specifico nelle proprie competenze iscritto ad albo professionale. Al suddetto progetto sarà allegata regolare Dichiarazione di conformità "D.I.C.O." redatta dall'impresa esecutrice dei lavori elettrici attestante la conformità al progetto. Il tutto sarà finalizzato al rispetto dei requisiti di sicurezza previsti dalle norme emanate dagli organi competenti. Le prescrizioni, le regole e i metodi di progettazione e verifica utilizzati saranno conformi alle norme CEI e nel caso che andremo a trattare la norma CEI 64-8 sez. 7. Di seguito viene riportata la descrizione completa dell'attività, della tipologia dell'impianto elettrico a servizio dello stesso e le regole tecniche da rispettare finalizzate a rendere l'opera perfettamente funzionante e conforme alle norme CEI 64-8 sez.7. La forma, le dimensioni e gli elementi costruttivi degli ambienti risultano dall'elaborato grafico di progetto allegato alla presente relazione, nel quale ogni elemento è contraddistinto da una propria destinazione.

2. NORME DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente progetto si è fatto riferimento al quadro legislativo e normativo vigenti e precisamente:

2.1. Corpo Legislativo

- Decreto del ministero dello sviluppo economico 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”;
- DPCM del 23.04.1992 – “Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50Hz) negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”;
- DLgs n. 81 del 09.04.2008 – Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- DM 01/09/2021 - Criteri generali per il controllo e la manutenzione degli impianti, attrezzature ed altri sistemi di sicurezza antincendio, ai sensi dell’articolo 46, comma 3, lettera a) , punto 3, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81;
- DM 02/09/2021 - Criteri per la gestione dei luoghi di lavoro in esercizio ed in emergenza e caratteristiche dello specifico servizio di prevenzione e protezione antincendio, ai sensi dell’articolo 46, comma 3, lettera a) , punto 4 e lettera b) del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81;
- DM 03/09/2021 - Criteri generali di progettazione, realizzazione ed esercizio della sicurezza antincendio per luoghi di lavoro, ai sensi dell’articolo 46, comma 3, lettera a), punti 1 e 2, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81;
- Legge n. 36 del 22.02.2001 – “Legge quadro sulla protezione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- LEGGE 1 Marzo 1968, n° 186 – “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”;
- Regolamento UE 305/2011 Regolamento prodotti da Costruzione (CPR);
- Decreto legislativo 16 giugno 2017 n. 106 - Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva

89/106/CEE.(17G00119) (GU Serie Generale n.159 del 10-07-2017) - Entrato in vigore il 9 Agosto 2017

2.2. Corpo Normativo

- C.E.I. 14 - 5 Interruttori automatici per corrente alternata con tensione nominale non superiore a 1000 V e per corrente continua con tensione nominale non superiore a 1200 V;
- C.E.I. 17 – 113 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Regole Generali – CEI EN 61439-1;
- C.E.I. 17 – 114 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 2: Quadri di potenza – CEI EN 61439-2;
- C.E.I. 17 – 116 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)V- Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO) - CEI EN 61439-3;
- C.E.I. 17 – 117 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 4: Prescrizioni particolari per quadri per cantiere (ASC) - CEI EN 61439-4;
- C.E.I. 121 – 4 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 5: Quadri di distribuzione in reti pubbliche CEI EN 61439-5;
- C.E.I. 17 – 118 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Part 6: Busbar trunking systems (busways) CEI EN 61439-6;
- C.E.I. 20-108 (EN 50399) Metodi di prova comuni per cavi in condizioni di incendio - Misura dell'emissione di calore e produzione di fumi sui cavi durante la prova di sviluppo di fiamma – Apparecchiatura di prova, procedure e risultati;
- CEI 20-35/1-2 (EN 60332-1-2) Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio Parte 1-2: Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato – Procedura per la fiamma di 1 KW premiscelata;
- CEI 20-116 (CLC/TS 50576) Cavi elettrici – Applicazioni estese dei risultati di prova (EXAP rules);
- CEI 20-37/2 (EN 60754-2) Prova sui gas emessi durante la combustione di materiali prelevati dai cavi - Parte 2: Determinazione dell'acidità (mediante la misura del pH) e della conduttività;
- CEI 20-37/2-3 (EN 50267-2-3) Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi - Parte 2-3: Procedure di prova – Determinazione del grado di acidità

(corrosività) dei gas dei cavi mediante il calcolo della media ponderata del pH e della conduttività;

- CEI 20-37/3-1 (EN 61034-2) Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite - Parte 2: Procedura di prova e prescrizioni;
- CEI 20-115 (EN 50575) Cavi per energia, controllo e comunicazioni – Cavi per applicazioni generali nei lavori di costruzione soggetti a prescrizioni di resistenza all'incendio;
- CEI UNEL 35016 Classi di Reazione al fuoco dei cavi elettrici in relazione al Regolamento UE prodotti da costruzione (305/2011);
- C.E.I. 20 - 21 Portate dei cavi in regime permanente;
- C.E.I. 20 - 40 Guida per l'uso dei cavi a bassa tensione;
- C.E.I. 23 - 3 Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e Similari;
- C.E.I. 23 - 14 Tubi protettivi flessibili in PVC;
- C.E.I. 23 - 21 Dispositivi di connessione per circuiti a bassa tensione per uso domestico e similare;
- C.E.I. 23 - 26 Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori;
- C.E.I. 23 - 28 Tubi per installazioni elettriche;
- C.E.I. 23 - 39 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche;
- C.E.I. 23 - 48 Involucri per apparecchi per installazioni fisse per uso domestico e similare;
- C.E.I. 23 - 49 Involucri per apparecchi per installazioni elettriche per usi domestici e similari;
- C.E.I. 64 - 8 Impianti elettrici utilizzatori: Norme generali;
- C.E.I. 64 - 50 Edilizia residenziale: Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici;
- C.E.I. 70 - 1 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP).

Altre norme e leggi di cui si è tenuto conto sono state indicate nel corso de testo del presente elaborato.

3. TIPO DI ALIMENTAZIONE

L'impianto sarà alimentato direttamente in bassa tensione dall'ente distributore di energia elettrica, in bassa tensione a $400\text{ V} \pm 10\%$ con sistema trifase con neutro e distribuzione "TT". Nel punto di consegna dell'energia elettrica sarà considerata una corrente di corto circuito simmetrica di 15 kA, in accordo con quanto indicato all'art. 5.1., della norma C.E.I. 0-21. Il contatore di energia sarà posizionato all'esterno dei locali, nei pressi del varco di accesso dalla strada pubblica. Subito a valle del misuratore di energia elettrica, sarà installato un quadro, denominato QECE, al cui interno sarà posizionato e cablato il dispositivo generale "DG" del Committente, in accordo a quanto indicato all'art. 7.4.4 della norma C.E.I. 0-21. Il tratto di linea compreso tra il misuratore di energia elettrica ed il DG avrà una lunghezza inferiore a 3 m e sarà posto in tubazione pieghevole in PVC a parete lontano da qualsiasi materiale infiammabile. In considerazione dell'assenza di circuiti di sicurezza il cavo di alimentazione tra il misuratore di energia elettrica ed il DG potrà essere del tipo FG16MG16 0,6/1 kV.

4. DATI DIMENSIONALI DELL'IMPIANTO

L'intero impianto elettrico sarà alimentato dall'ente erogatore per mezzo di una linea in Bassa Tensione funzionante ad una tensione nominale di esercizio di 400 Volt – H=50Hz (3+N/50). Il dimensionamento per la richiesta della potenza disponibile contrattualizzata con l'Ente erogatore del servizio (ENEL) è stato desunto dal funzionamento contemporaneo dei carichi presenti all'interno dell'attività; come comunicato dalla Committenza la potenza disponibile richiesta sarà pari a $P=40\text{ kW}$ di potenza attiva. Pertanto la realizzazione dell'impianto elettrico sarà dotato di un contratto di somministrazione di energia elettrica da parte dell'ente erogatore ENEL con i parametri caratteristici riportati nella tabella seguente:

Tabella dati caratteristici impianto (Tab.1)

CATEGORIA DI IMPIANTO	CAT. I°
CLASSIFICAZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO SECONDO LE NORME CEI 64-8	TT
TENSIONE DI ESERCIZIO (BT)	V=400 Volt (3F+N)
FREQUENZA INDUSTRIALE	50 Hz
FATTORE DI POTENZA	$\cos\phi$ 0.98
POTENZA CONTRATTUALE	P=40 kW
TENSIONE DI ISOLAMENTO (BT)	V=600/1000
GRADO DI PROTEZIONE MINIMO (BT)	IP40

GRADO DI PROTEZIONE MASSIMO (BT)	IP55
CADUTA DI TENSIONE MASSIMA (BT)	4%
POTERE DI INTERRUZIONE MASSIMO (BT)	15,0 kA
POTERE DI INTERRUZIONE MINIMO (BT)	4,5 kA
IDENTIFICAZIONE DEI CONDUTTORI (BT)	FASE L1 (NERO) FASE L2 (MARR.) FASE L3 (GRIGIO) NEUTRO N (BLU) PE (GIALLO- VER.) CIR.AUX (BIANCO)

5. QUALITÀ DEI MATERIALI

Tutti i materiali e apparecchi impiegati sono adatti all'ambiente in cui sono installati presentando adeguata resistenza alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità, alle quali possono essere esposte durante l'esercizio. Tutti i materiali e apparecchi sono rispondenti alle relative norme CEI ed alle tabelle di unificazione CEI-UNEL ove queste esistano. In particolare risalto, saranno considerati i materiali per i quali sono previsti l'iscrizione al marchio di qualità IMQ e che dovranno essere identificati dall'apposito contrassegno. Il legno ed i materiali analoghi purché trattato in modo da risultare non igroscopici, il marmo, l'ardesia e similari, sono ammessi come isolanti in ambienti normali, secondo le norme CEI 11-11 e CEI 64-8.

6. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI IMPIANTISTICA ELETTRICA

6.1. Sistema di alimentazione

L'impianto elettrico di cui in oggetto a servizio dell'unità immobiliare, sarà alimentato da una fornitura energetica realizzata dall'ente distributore dell'energia elettrica ENEL in bassa tensione con un sistema denominato dalle norme CEI 64-8 come sistema TT, avente come caratteristiche i dati descritti precedentemente nella tabella Tab.1. Il sistema elettrico denominato T-T prevede la realizzazione di un punto collegato direttamente a terra, definito punto mediano o punto di neutro, e le masse dell'impianto collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del sistema di

alimentazione. L'energia elettrica è prelevata dal punto di consegna e contabilizzata dall'ente erogatore. In particolare avremmo che la connessione a terra del punto di neutro dell'impianto avverrà da parte dell'ente erogatore tramite proprio impianto di messa a terra, mentre la connessione a terra delle masse dell'impianto avverrà da parte del committente tramite proprio impianto di messa a terra separato del precedente.

L'impianto T-T ai sensi delle norme CEI 64-8 è definito nel modo seguente:

T = collegamento diretto a terra del punto di neutro del sistema da effettuarsi parte dell'ente erogatore;

T = collegamento diretto a terra delle masse dell'impianto da effettuarsi da parte dell'utente.

Essendo l'impianto in oggetto di 1° categoria, definito secondo la classificazione delle norme CEI 64-8, alimentato dall'ente erogatore in bassa tensione senza propria cabina elettrica di consegna e/o trasformazione, si devono attuare le caratteristiche delle protezioni contro i contatti diretti e contro i contatti indiretti previsti per il sistema T-T.

7. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Questo tipo di protezione sarà assicurata attraverso l'isolamento di tutte le parti attive, rimovibile solo con la distruzione (art. 412.1, norma CEI 64-8/4), oppure mediante involucri o barriere (in generale per apparecchiature di comando, protezione e manovra, morsettiere e apparecchi utilizzatori), rimovibili solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo (art. 412.2, norma CEI 64-8/4), costruiti in modo tale da realizzare comunque un grado di protezione non inferiore a IP4X. L'impiego di interruttori automatici differenziali con sensibilità non inferiore a 30 mA sarà considerato come una protezione aggiuntiva contro i contatti diretti. Il grado di protezione minimo dei componenti elettrici sarà IP2X in ogni ambiente interno salvo quanto diversamente specificato nei paragrafi seguenti. Per quanto riguarda gli apparecchi installati in ambiente esterno, qualora presenti, sarà adottato un grado di protezione minimo di IP55.

8. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

Quando all'interno di un circuito sano circolano correnti di intensità superiore rispetto alla effettiva portata "I_z" delle corrispondenti condutture, si determina un sovraccarico. Questo evento può danneggiare l'isolamento dei conduttori e degenerare in un cortocircuito con produzione di scintille e

notevoli temperature superficiali. Per evitare quanto sopra ogni conduttura sarà dotata, nel punto di origine di una specifica protezione composta da un relè termico, inserito all'interno dell'interruttore automatico magnetotermico dedicato al circuito in cui è inserita la conduttura stessa. L'intervento di protezione sarà tanto più rapido quanto maggiore sarà il valore della corrente in circolazione. Il dimensionamento di questa protezione avverrà verificando le seguenti condizioni (art. 433.2, norma CEI 64-8/4):

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

oppure, in caso di fusibili

$$I_b \leq I_n \leq (0,9 \times I_z)$$

in cui

- I_b è la corrente d'impiego del circuito alimentato dalla conduttura
- I_n è la corrente nominale dell'interruttore di protezione
- I_z è la portata in regime permanente della conduttura nelle effettive condizioni di posa
- I_f è la corrente di sicuro intervento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per il rispetto della prima condizione, calcolata la I_b in base ai dati forniti dal Committente relativi alle potenze degli utilizzatori, per ogni circuito è stata determinata la sezione del cavo che abbia la portata effettiva superiore alla corrente nominale del dispositivo di protezione. Per quanto riguarda il rispetto della seconda condizione, nel caso di interruttori automatici conformi alla norma CEI 23-3/1, la corrente di funzionamento è pari a $1,45 I_n$.

9. PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

In caso di contatto fra due punti dell'impianto elettrico a potenziale differente si stabilisce la circolazione di una sovracorrente di cortocircuito. Tale evento produce notevoli sovratemperature e scintille a causa dei valori molto intensi delle correnti circolanti nonché importanti sforzi di natura elettrodinamica sui cavi e sui relativi supporti. La protezione di ciascuna conduttura contro il rischio di cortocircuito sarà affidata ad un relè magnetico, inserito all'interno dell'interruttore automatico magnetotermico dedicato al circuito in cui è inserita la conduttura stessa ed all'origine di questa. Per dimensionare questa protezione si terrà conto della massima energia che il cavo da proteggere è in

condizione di dissipare senza problemi. Quanto sopra corrisponde a verificare la seguente relazione, nota come integrale di Joule:

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

In cui

- I è la corrente di guasto che transita attraverso l'interruttore
- t è il tempo d'intervento del dispositivo di protezione
- K è una costante caratteristica dei cavi che dipende sia dal materiale conduttore che dal tipo di isolante (115 per conduttori in rame con isolante in PVC, 135 per conduttori in rame con isolante in gomma G2 e 143 per conduttori in rame con isolante in EPR/XLPE);
- S è la sezione del cavo

Per effettuare la verifica si ricorrerà ad apposite tabelle fornite dal costruttore degli interruttori automatici note come tabelle dell'energia passante ed il controllo sarà eseguito dal software di calcoli impiegato. In pratica, le tabelle indicate saranno confrontate con i grafici relativi alla massima energia sopportabile dal corrispondente cavo da proteggere per verificare che quest'ultima sia maggiore di quella indicata nelle tabelle degli interruttori. Inoltre, affinché a seguito dell'intervento del relè magnetico l'interruttore a cui questo è associato sia effettivamente in grado d'interrompere le correnti in transito, si impiegheranno interruttori con un potere d'interruzione minimo che rispetti la seguente relazione (art. 434.3.1, norma CEI 64-8/4):

$$P_i \geq I_{cc}$$

In cui

- P_i è il potere d'interruzione del dispositivo di protezione
- I_{cc} è la componente simmetrica della corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione

Il potere d'interruzione minimo, subito a valle del punto di consegna sarà di 15 kA. All'interno dell'impianto, il potere d'interruzione minimo dei dispositivi di protezione non sarà mai inferiore a 4,5 kA per i circuiti monofase e 6 kA per i circuiti trifase. Per la scelta del potere d'interruzione degli interruttori automatici si farà riferimento alla norma 60898 riferita ai dispositivi destinati ad essere utilizzati in ambienti domestici e similari e industriali, al posto della norma CEI EN 60947-2 relativa ai dispositivi destinati ad un uso in ambiente industriale. Quanto sopra perché le caratteristiche del personale del Committente saranno più affini a quelle di quanti sono abituati e/o addestrati e/o preparati ad operare in un ambiente domestico piuttosto che in un ambiente industriale. Dal

momento che il tratto di conduttura che collega il misuratore di energia elettrica, nell'attuale posizione, al dispositivo generale dell'impianto:

- avrà una lunghezza minore di tre metri;
- sarà lontano da materiali combustibili;

potrà essere installato singolarmente, lungo questo tratto di conduttura potrà essere ritenuto minimizzato il rischio di cortocircuito. Per questa ragione sarà possibile omettere, nel punto di origine della relativa conduttura (misuratore di energia elettrica) la protezione dei cavi in questione rispetto al rischio di cortocircuito. A causa della lunghezza e della sezione dei cavi di collegamento tra i dispositivi posti subito a valle del misuratore di energia elettrica, quadro QECE, ed il quadro elettrico generale posto all'interno dell'attività in esame, la corrente di cortocircuito, a livello del sottoquadro stesso, subirà una riduzione, come indicato negli elaborati di calcolo facenti parte integrante del presente progetto. In relazione a questo valore della corrente di cortocircuito potranno essere scelti i poteri d'interruzione dei dispositivi di protezione installati nel sottoquadro anche, eventualmente, in considerazione della protezione di back-up offerta dai dispositivi di protezione installati a monte di essi.

10. PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO A FINE LINEA

Se una linea è protetta dal sovraccarico, mediante un fusibile, dimensionato in modo che risulti verificata la condizione:

$$I_b \leq I_n \leq (0,9 \times I_z),$$

installato all'inizio della linea stessa, la condizione

$$I_2t \leq K^2S^2$$

sarà verificata senza alcun'altro controllo mediante un interruttore automatico con idoneo potere d'interruzione ed installato all'inizio della linea stessa, sarà sufficiente verificare che la condizione $I_2t \leq K^2S^2$ sia verificata solo per un guasto ad inizio linea (corrente di cortocircuito massima). Se invece, la protezione adottata ed installata all'inizio del circuito non sarà idonea a proteggere la linea contro il sovraccarico:

in caso di fusibile, sarà necessario verificare che la condizione $I_2t \leq K^2S^2$ sia verificata anche per un cortocircuito in fondo alla linea (corrente di cortocircuito minima);

- in caso di interruttore automatico con sufficiente potere d'interruzione sarà necessario verificare che la condizione $I2t \leq K2S2$ sia verificata sia per un guasto ad inizio linea (corrente di cortocircuito massima) che per un cortocircuito in fondo alla linea (corrente di cortocircuito minima). In quest'ultimo caso, in pratica, sarà sufficiente verificare che la corrente di cortocircuito minima superi la soglia di intervento certo del relè magnetico dell'interruttore. In conclusione non sarà necessario verificare la relazione $I2t \leq K2S2$ per un cortocircuito in fondo ad una linea, (art. 533.3, norma CEI 64-8/5) indipendentemente dalla lunghezza stessa della linea, se il dispositivo di protezione che controlla la linea, costituito da un interruttore automatico:

- protegge la linea dal sovraccarico;
- è posto all'inizio del circuito;
- ha un potere d'interruzione (estremo) adeguato;
- comporta una verifica positiva della condizione $I2t \leq K2S2$ per un cortocircuito ad inizio linea (corrente di cortocircuito massima).

11. MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA DI UNA LINEA

Qualora le condizioni indicate al paragrafo precedente non fossero soddisfatte, sarà necessario verificare che, in caso di cortocircuito al termine della linea,

- la corrente di guasto,
- unitamente al ritardo d'intervento del dispositivo di protezione che dovrebbe intercettarla, non determinino il transito di un'energia incompatibile con quella che il cavo può sopportare.

A tal fine sarà opportuno verificare che la lunghezza della linea che si vuole proteggere non superi il valore della lunghezza massima protetta dal dispositivo posto alla sua origine. Questa verifica, qualora necessaria, sarà condotta impiegando la seguente relazione

$$L < 1,5 * V * S / I_n$$

In cui:

- V vale:
 - 230 V in presenza del conduttore di neutro e
 - 400 V in assenza del conduttore di neutro
- S è la sezione dei conduttori della linea
- L è la lunghezza della linea

- I_N è la corrente nominale dell'interruttore posto a monte della linea

12. CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

La sezione dei conduttori per ciascun circuito, alimentato dai rispettivi quadri elettrici, sarà scelta in funzione anche del contenimento della caduta di tensione percentuale, tra l'origine dell'installazione e il punto di utilizzazione dell'energia elettrica, entro il limite del 4% della tensione di alimentazione, (sezione 525, norma CEI 64-8/5), tenuto conto anche delle cadute di tensione dei tratti di linea a monte del punto considerato. Al fine di verificare il rispetto di quanto sopra sarà verificata la seguente relazione:

- Per circuiti monofase, in termini assoluti,

$$\Delta V = 2 * (r \cos \varphi + x \sin \varphi) * I_b * l * 10^{-3}$$

- Per circuiti trifase, in termini assoluti

$$\Delta V = \sqrt{3} * (r \cos \varphi + x \sin \varphi) * I_b * l * 10^{-3}$$

Da cui, in termini relativi:

- Per circuiti monofase

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} * 100 = \frac{2 * (r \cos \varphi + x \sin \varphi) * I_b * l * 10^{-3}}{V_n} * 100$$

Per circuiti trifase

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} * 100 = \frac{\sqrt{3} * (r \cos \varphi + x \sin \varphi) * I_b * l * 10^{-3}}{V_n} * 100$$

All'interno delle precedenti relazioni i simboli utilizzati hanno i seguenti significati:

- r resistenza della linea espressa in Ω/km alla temperatura di 70 °C per cavi isolati in PVC e 90 °C per i cavi isolati in gomma;
- x reattanza della linea espressa in Ω/km alla temperatura di 70 °C per cavi isolati in PVC e 90 °C per i cavi isolati in gomma;
- $\cos \varphi$ fattore di potenza del carico, a cui corrisponde anche il parametro $\sin \varphi$;
- l lunghezza semplice della linea;
- I_b corrente d'impiego della linea o I_N corrente nominale dell'interruttore di protezione;
- V_n tensione nominale del sistema di alimentazione: 230V se monofase e 400V se trifase.

In alternativa alle espressioni indicate, potranno essere utilizzate le tabelle di cui alla norma CEI UNEL 35023 relative alle cadute di tensione unitarie per i diversi tipi di cavi e le diverse sezioni. Si osserva che la tabella CEI UNEL 35023 distingue tra cavi isolati in PVC e cavi isolati in EPR con temperature massime di servizio rispettivamente di 70 °C e 90 °C, coerentemente con quanto indicato in precedenza. Dal momento che la norma CEI 64-8 richiede di calcolare la caduta di tensione con la corrente di progetto, cioè con la corrente di impiego I_b relativa al carico, e che detta corrente è sempre inferiore alla portata del rispettivo cavo, le temperature massime di servizio saranno certamente inferiori ai limiti considerati nelle verifiche effettuate e nella tabella CEI UNEL35023. Ne consegue che le verifiche effettuate saranno certamente molto cautelative ma nella realtà le cadute di tensione saranno inferiori a quanto effettivamente calcolato. Infine, si osserva ancora che il limite del 4% sopra indicato non ha valore tassativo ma è solo indicativo perché serve principalmente a garantire un sufficiente livello di tensione ai morsetti degli utilizzatori e, d'altra parte, la mancata verifica del limite di caduta di tensione non ha alcuna implicazione in merito alla sicurezza delle persone.

13. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Nel rispetto della vigente normativa, si rende necessario coordinare le protezioni con l'impianto di terra al fine di mantenere una tensione di contatto limite convenzionale inferiore o uguale a 50V. Essendo in presenza di un impianto di tipo TT si deve soddisfare la seguente condizione:

$$R_a \cdot I_a \leq 50$$

Dove:

- R_a è la somma delle resistenze dei dispersori e dei conduttori di protezione delle masse in Ohm;
- I_a è la corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione in Ampère.

Nel nostro caso, utilizzando differenziali con sensibilità da 30 a 1 A, e considerando all'uopo il caso peggiore (differenziale generale a monte di tutto l'impianto), si ottiene:

$$I_a \leq 50/R_a \rightarrow R_a \leq 50/I_a \rightarrow R_a \leq 50 \text{ Ohm}$$

Valore tranquillamente ottenibile vista la natura geologica del terreno in cui verranno infissi i dispersori, ed in considerazione dell'interconnessione dell'impianto disperdente con l'impianto esistente nella porzione di edificio già in funzione non oggetto d'intervento, e comunque da verificare dopo la realizzazione mediante specifica strumentazione. Gli interruttori automatici che si adotteranno per le utenze terminali saranno del tipo differenziale, associato ad un magnetotermico, con soglia:

- 30 mA circuiti terminali, illuminazione, alimentazione prese;

- 300-500-1000 mA circuiti di distribuzione;

In tal modo, oltre a garantire in ogni punto d'impianto una sicura protezione da contatti indiretti, sarà garantita un'adeguata selettività a favore della funzionalità dell'impianto. Tutte le masse e masse estranee presenti nei locali del Committente saranno collegate all'impianto di messa a terra esistente dell'intero centro commerciale. L'impianto di messa a terra interno dei locali del Committente sarà collegato al dispersore esterno mediante un conduttore di protezione/terra. In tale sede si osserva che sarà strettamente indispensabile l'installazione di un relè differenziale per completare la protezione offerta dal DG, per intercettare i guasti verso terra nei tratti di circuito compresi tra il DG e le zone a monte degli interruttori posti nel QEG, dal momento che il quadro elettrico che li ospiterà avrà una struttura metallica. A tal proposito sarà opportuno impiegare un dispositivo di tipo selettivo con una sensibilità massima di 1A. All'interno dei locali sarà realizzato il collettore di terra principale, al quale saranno collegati i conduttori di protezione ed equipotenziali che saranno distribuiti nell'impianto elettrico.

14. PRESCRIZIONI PER AMBIENTI PARTICOLARI

Malgrado i locali interni che ospiteranno gli impianti trattati nella presente relazione potrebbero costituire un unico compartimento antincendio, i locali da bagno potranno essere considerati luoghi ordinari.

Infatti ai fini:

- antincendio, nei locali da bagno non saranno presenti materiali infiammabili in quantità tale da determinare un aumento considerevole del rischio di incendio;
- impiantistici, i locali da bagno potranno essere ritenuti luoghi ordinari, in base alla normativa applicabile, poiché non è prevista l'installazione della vasca da bagno o del piatto doccia. Tuttavia, a favore della sicurezza, si ritiene più cautelativo considerare maggiormente elevato il rischio di elettrocuzione in detti locali a causa della presenza dell'acqua. Ogni volta che la condotta preveda eventualmente il ricorso a canalizzazioni o tubazioni metalliche si impiegheranno sempre cavi non propaganti l'incendio, dotati di guaina e sarà vietato l'uso di cordine (cavi senza guaina). Queste ultime potranno essere impiegate solo nelle condutture con posa sotto traccia. Quanto sopra potrà essere attuato sempre in accordo alle disposizioni indicate nei vari paragrafi della presente relazione in ordine alla tipologia di cavo da impiegare.

15. COMANDO DI EMERGENZA

Il comando d'emergenza dovrà garantire le seguenti condizioni:

- interruzione permanente e realizzata con interruttori di manovra manuali, se l'azionamento avviene per lancio di corrente deve essere installata una opportuna segnalazione che indichi permanentemente la funzionalità del circuito di comando;
 - dispositivi collocati in posizione accessibile ed opportunamente segnalati;
 - dispositivi accessibili solo a personale addestrato o segregati in custodie frangibili quando il loro azionamento intempestivo può causare inconvenienti;
- dispositivi, una volta azionati, in grado di restare bloccati o di essere immobilizzati nella posizione di "aperto" o "chiuso";
- rialimentazione dei circuiti, dopo l'azionamento, possibile solo con una azione volontaria.

Inoltre tutto il circuito del comando di emergenza potrà attraversare il compartimento in cui rientrano gli impianti da disattivare solo se operante in bassa tensione o se opportunamente compartimentato. In linea di principio, l'azione del comando di emergenza non deve lasciare linee in tensione all'interno del compartimento. I cavi impiegati per realizzare i circuiti di comando di emergenza saranno del tipo FG18OM18 0,6/1 kV. Per i circuiti ordinari, il comando di emergenza sarà realizzato mediante una bobina a lancio di corrente associata al dispositivo generale DG posto immediatamente a valle del gruppo di misura ENEL QECE. L'azione di un solo pulsante deve disattivare anche la linea che giunge agli eventuali altri pulsanti per evitare di lasciare linee in tensione all'interno del compartimento. Il pulsante del comando di emergenza, sarà dotato di un avviso indelebile e chiaro che sarà posizionato in prossimità di ciascuno, per indicare i circuiti interessati dall'azione del comando di emergenza.

16. TIPOLOGIA DI CAVI DA IMPIEGARE

Cavi di energia e segnalazione

Saranno utilizzati cavi con le seguenti caratteristiche:

Tipo	A
Sigla di identificazione	FS17
Conduttori	di rame ricotto, in corda flessibile
Isolamento	in polivinilcloruro (PVC) di qualità R2
Tensione nominale di isolamento	- verso terra "UO" 450 V

	- tra i conduttori di fase "U" 750 V
Caratteristiche particolari	cavo non propagante la fiamma e l'incendio
Condizioni di utilizzo	esclusivamente all'interno di tubazioni rigide o pieghevoli poste sottotraccia o all'interno del controsoffitto
Note d'installazione	questo tipo di cavo non è adatto all'installazione in aria libera senza protezione meccanica addizionale
Tipo	B
Sigla di identificazione	FG16(O)M16
Conduttori	di rame ricotto, in corda flessibile e, se la lettera "O" è presente, anime riunite per cavo rotondo, in caso contrario si tratta di cavi unipolari
Isolamento	in gomma etilpropilenica ad alto modulo (HEPR) di qualità G16
Guaina	Mescola LS0H di qualità M16 LS0H= Low Smoke Zero Halogen
Tensione nominale di isolamento	- verso terra "Uo" 0,6 kV - tra i conduttori di fase "U" 1 kV
Classe di reazione al fuoco	Cca -s1b, d1, a1
Caratteristiche particolari	cavo non propagante la fiamma e l'incendio, a ridotta emissione di fumi, gas tossici e corrosivi in caso d'incendio e con elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche.
Condizioni di utilizzo	All'interno di tubazioni rigide o pieghevoli ed anche in aria libera
Note d'installazione	Particolarmente indicato in luoghi a rischio d'incendio e con elevata presenza di persone quali uffici, scuole, supermercati, cinema, teatri, discoteche ecc.. Da utilizzarsi all'interno anche in ambienti bagnati o all'esterno, per posa fissa su murature e strutture metalliche o sospesa ; ammessa anche la posa interrata. (rif. CEI 20-67)

I cavi per l'eventuale circuito del comando di emergenza, avranno le seguenti caratteristiche:

Tipo	C
Sigla di identificazione	FG18OM18 0,6/1kV
Conduttori	di rame rosso, in corda flessibile ed anime riunite per cavo rotondo
Isolamento	in gomma elastomerica reticolata di qualità G dieci
Guaina	termoplastica speciale di qualità M1
Barriera ignifuga	nastro mica/vetro
Tensione nominale di isolamento	- verso terra "Uo" 0,6 kV - tra i conduttori di fase "U" 1 kV
Caratteristiche particolari	cavo resistente al fuoco , non propagante la fiamma e l'incendio, a ridotta emissione di gas corrosivi in caso d'incendio e con elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche.
Condizioni di utilizzo	per posa fissa all'interno e all'esterno in ambienti anche bagnati. Possono essere installati su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi simili. Ammessa la posa interrata diretta o indiretta.

Il colore dei singoli conduttori sarà:

- blu chiaro per il conduttore neutro;
- marrone, grigio, nero, per le singole fasi.
- rosso per le fasi comandate;
- arancione per quei conduttori che restassero in tensione anche dopo aver aperto il dispositivo di sezionamento generale (eventualità comunque da evitare per tutti i circuiti non necessari in caso di emergenza).

Le sezioni minime impiegate saranno:

Circuito luce

- 2,5 mm² per le dorsali di alimentazione
- 2,5 mm² per le derivazioni
- 2,5 mm² per l'alimentazione dei corpi illuminanti di emergenza

Circuito prese ordinarie

- 4 mm² o 6 mm² per le dorsali di alimentazione, in relazione a quanto indicato negli schemi allegati
- 2,5 mm² per le derivazioni

Circuito prese di servizio (per non più di tre prese in parallelo)

- 4 mm² o 6 mm² per le dorsali di alimentazione, in relazione a quanto indicato negli schemi allegati
- 2,5 – 4 mm² per le derivazioni e per le prese interbloccate.

La sezione del conduttore di neutro sarà uguale a quella del conduttore di fase per ciascun circuito.

La sezione dei conduttori per l'alimentazione delle varie utenze è indicata negli schemi allegati; non sarà eseguita alcuna riduzione di sezione lungo il percorso dei cavi.

Cavi per trasmissione dati (se necessario)

Per quanto riguarda il sistema di trasmissione dati saranno impiegati cavi con queste caratteristiche:

Tipo	D
Categoria	6A - 550MHz
Tipologia	S/FTP
Classe di reazione al fuoco	Cca –s1,d1,a1

Al fine di fornire un ausilio nella reperibilità del cavo sopra indicato, a titolo meramente esemplificativo e con possibilità di scelta anche a favore di altri Costruttori, di seguito si riportano le caratteristiche di un cavo di esempio, disponibile sul mercato, che rispetta le caratteristiche indicate in precedenza

Produttore	Schneider Electric – 35 rue Joseph Monier 92500 – Rueil Malmaison – Francia – o equivalente
Famiglia	Actassi – CL-MX – o equivalente
Codice	VDICC63X218
DoP	N. NX_FUTPXc4P_LSFRZH
Norma armonizzata di riferimento	EN 50575:2014+A1:2016

Classe di reazione al fuoco	Cca –s1, d1, a1
Tipologia	S/FTP
Categoria	6A

Cavi per trasmissione segnali video (se necessario)

Quanto segue è valido solo se l'impianto di videosorveglianza dovesse essere realizzato con tecnologia diversa dalla tecnologia POE. Qualora, invece le telecamere da impiegare fossero dotate tutte di tecnologia POE resteranno valide le considerazioni già espresse circa i cavi per trasmissione dati.

Considerando che non sono disponibili cavi coassiali per trasmissione dei segnali video con classificazione di reazione al fuoco almeno pari a Cca –s1b, d1, a1, potranno essere impiegati cavi con le seguenti caratteristiche a condizione che siano stati immessi sul mercato prima del 01/07/2017:

Tipo	E
Classe di reazione al fuoco	Eca
Sigla di identificazione	RG58 C/U
Conduttori	di rame rigido stagnato, in corda rigida
Dielettrico:	Mescola a base di polietilene a bassa densità (LDPE)
Schermatura:	Treccia di rame stagnato sul totale
Guaina esterna:	Mescola a base di PVC, ritardante la fiamma
Tensione nominale di isolamento	- verso terra "Uo" 450 V - tra i conduttori di fase "U" 750 V
Caratteristiche particolari	Cavo conforme ai requisiti previsti dal Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11), con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo.
Condizioni di utilizzo	All'interno di tubazioni rigide o pieghevoli ed anche in aria libera ma non ammesso in posa interrata, anche se protetta
Note d'installazione	Cavo coassiale indicato per la connessione di antenne e cablaggio: WLAN, GPS, automotive, network access device.




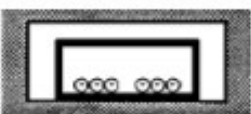
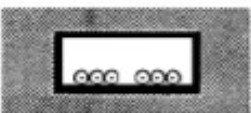
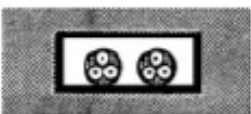
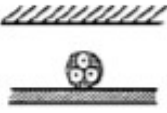
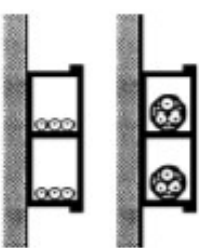

Adatto anche per installazioni CCTV, per telecamere di controllo e videosorveglianza.

17. MODALITA' DI POSA

I cavi impiegati saranno posati:

- sotto intonaco, ad una profondità minima di 0,05 m, in tubazioni predisposte di PVC precedentemente descritte, nelle zone destinate a cucina e locali di servizio
- nel controsoffitto o nelle pareti di cartongesso sovrapposte alle pareti perimetrali, in canalizzazioni metalliche a filo o in tubazioni predisposte di PVC e fissate al soffitto di cemento soprastante;
- a vista, in tubazioni di PVC rigide installate a parete, nelle zone destinate a deposito.

Nel caso di posa in opera di cavi, unipolari o multipolari, in tubazioni rigide di PVC installate a vista, queste avranno un grado di protezione minimo di IP55 e l'impiego di un conduttore di protezione nudo in ciascuna tubazione sarà da ritenere come cautela addizionale. Ai sensi della norma CEI-UNEL 35024_1 la modalità di posa considerata sarà scelta attraverso la tabella seguente

	Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in cavità di strutture	21
	Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	22
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	22A
	Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture	23
	Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	24
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	24A
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati in: ■ controsoffitti ■ pavimenti sopraelevati	25
	Cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete: ■ con percorso orizzontale	31
	■ con percorso verticale	32



18. TUBAZIONI, SCATOLE DI DERIVAZIONE E GIUNZIONI

In tutti gli ambienti considerati ordinari saranno impiegati:

- Tubi pieghevoli in materiale plastico di tipo pesante in tutti i tratti da realizzare sotto traccia e tubi rigidi in PVC completi della raccorderia necessaria a garantire un grado di protezione minimo IP55 nei tratti da realizzare a parete. Le dimensioni dei tubi saranno tali da consentire un facile montaggio ed una facile manutenzione; il diametro interno del tubo sarà 1,3 volte il diametro esterno massimo del fascio di cavi da contenere, con un minimo di 14,1 mm, corrispondente ad un diametro esterno minimo di 20 mm;
- Tutte le giunzioni e le derivazioni saranno realizzate esclusivamente tramite l'impiego di cassette di derivazione in PVC da incasso o a parete, installate ogni 2 curve e massimo ogni 15 m nei tratti rettilinei;
- Tutte le giunzioni saranno realizzate con appositi morsetti esclusivamente all'interno delle cassette di giunzione o derivazione precedentemente descritte, ripristinando il livello d'isolamento ed il grado di protezione minimo delle stesse. Inoltre, i morsetti avranno un'adequata capacità di serraggio in funzione delle sezioni dei conduttori da collegare, al fine da evitare pericolose variazioni della resistenza di contatto dovute a falsi contatti o riduzioni di sezione intenzionali, in corrispondenza della derivazione stessa.

All'interno delle tubazioni o delle canalizzazioni non sarà realizzata alcuna giunzione. Il posizionamento delle canalizzazioni avverrà a vista a soffitto mediante passerelle metalliche. Queste canalizzazioni non saranno poste in contatto con la struttura di un eventuale controsoffitto ed eventualmente saranno dotate di appositi separatori che consentiranno di posizionare i cavi limitando le dimensioni dei fasci degli stessi. Qualora con l'applicazione di separatori non si riuscisse a limitare le dimensioni dei fasci di cavi al di sotto dei limiti previsti per i fasci di prova, si provvederà a raddoppiare le canalizzazioni da installare. In ogni caso saranno impiegate tubazioni e scatole separate per i cavi di segnale e per i cavi di potenza. Il percorso delle tubazioni poste lungo le pareti sarà orizzontale, verticale oppure parallelo agli spigoli delle pareti. In nessun caso le tubazioni o le canalizzazioni seguiranno un percorso di tipo obliquo. Le scatole di derivazione saranno posizionate, di preferenza, nei pressi del soffitto o del pavimento, rispettando le stesse regole di posizionamento già descritte per le tubazioni. Le scatole di derivazione installate eventualmente in prossimità del pavimento, in tutti gli ambienti, saranno

posizionate a circa 0,20 m dal pavimento stesso. L'alimentazione degli apparecchi illuminanti avverrà a mezzo di cavi multipolari con guaina preferibilmente inseriti all'interno di tubazioni pieghevoli del diametro minimo di 20 mm, complete di tutta la raccorderia necessaria. Per le derivazioni, sarà impiegata una tubazione per ciascun apparecchio da alimentare. La tubazione di cui trattasi sarà estesa fino agli utilizzatori di destinazione, in modo che non ci siano cavi esterni alle tubazioni stesse. Nel caso in cui non fosse possibile rispettare quanto appena indicato, si provvederà a posizionare una scatola di derivazione fissata al soffitto nella quale confluiranno le linee in questione. Da questa scatola le linee elettriche proseguiranno fino agli utilizzatori di destinazione e saranno sempre costituite da cavi multipolari a doppio isolamento. L'uscita dei predetti cavi dalle scatole posizionate a soffitto avverrà mediante appositi pressacavi.

19. QUADRI ELETTRICI

I quadri elettrici sono dislocati nella struttura in base alle esigenze distributive, saranno ove possibile chiusi in apposito locale predisposto, e serviranno alle alimentazioni dei circuiti relativi al piano stesso, o comunque opportunamente segnalati negli elaborati grafici. Tutti i quadri saranno dotati di portello con chiusura a chiave, e saranno predisposti per eventuali ampliamenti futuri in ragione del 20%. I quadri saranno coordinati col regolatore di flusso luminoso e con il sistema di monitoraggio dell'edificio. Tutti i quadri elettrici saranno dotati di, carpenteria in metallo e grado di protezione minimo IP40, fatta eccezione solo per quelli installati eventualmente all'esterno che presenteranno un grado di protezione minimo di IP55. Per quanto riguarda i dispositivi cablati all'interno di ciascun quadro si rimanda agli schemi allegati. **A tal proposito si osserva che i dispositivi di protezione indicati negli schemi sono stati scelti per eseguire le verifiche di coordinamento tra i dispositivi di protezione e tra questi e le relative condutture e per verificare l'operatività della protezione contro i contatti indiretti ma potranno essere sostituiti con prodotti equivalenti, di Costruttori differenti, a condizione che presentino pari caratteristiche tecniche.**

20. QUADRI ELETTRICI, CONTINUITÀ DI SERVIZIO E SELETTIVITÀ DELLE PROTEZIONI

Affinché un guasto su un circuito non comprometta la funzionalità di tutto l'impianto, si provvederà a suddividere quest'ultimo in più circuiti, ciascuno dotato di proprie protezioni magnetotermiche e

differenziali. In tal modo, un eventuale guasto, potrà essere interrotto dal dispositivo di protezione più prossimo, senza coinvolgere i circuiti sani della stessa o di altre zone.

Distribuzione forza motrice e quadri elettrici

Saranno realizzati ed installati i seguenti quadri elettrici:

- QECE Quadro elettrico consegna energia (sotto contatore)
- QEG Quadro elettrico generale – per la distribuzione elettrica all'interno dell'attività;

Nessun quadro elettrico sarà a doppia alimentazione. Il precedente elenco ha validità indicativa. Per la determinazione degli effettivi circuiti e quadri elettrici da realizzare si rimanda agli schemi elettrici allegati. Anche se non espressamente richiesto dalla normativa applicabile, ogni quadro elettrico sarà dotato di un dispositivo generale che permetterà di eseguire la manutenzione elettrica in condizioni di sicurezza. Per quanto riguarda la selettività tra dispositivi di protezione collegati in serie, si farà riferimento alle relative tabelle messe a disposizione dal Costruttore dei dispositivi stessi.

Impianto d'illuminazione

Per quanto riguarda l'impianto d'illuminazione si provvederà a suddividerlo in zone ed a concentrare i dispositivi di protezione all'interno del quadro elettrico generale. In particolare, il locale sarà dotato di diversi circuiti di alimentazione dell'impianto d'illuminazione, ciascuno con propri dispositivi di protezione posti all'origine di ciascuna linea. Ciò consentirà di evitare che un guasto ad uno dei due circuiti possa compromettere l'illuminazione generale dei locali. I dispositivi di protezione posti sui circuiti di alimentazione delle linee dell'impianto d'illuminazione di sicurezza saranno dotati di bobina di sgancio a lancio di corrente, collegata ai contatti ausiliari degli interruttori posti a protezione dei due circuiti in cui è suddiviso l'impianto d'illuminazione del locale interessato. Ciò consentirà l'attivazione dell'illuminazione di sicurezza anche nel caso in cui ad intervenire sia uno solo dei due interruttori posti a protezione dei circuiti in cui è suddiviso l'impianto d'illuminazione del singolo locale. Nello specifico tale criterio è stato scelto per le aree magazzino e ufficio. I dispositivi di comando funzionale dell'impianto d'illuminazione funzionale saranno posizionati all'esterno del quadro generale, QEG e gestiti mediante interruttori, pulsanti ed eventuali rilevatori di presenza. In ogni caso i dispositivi di protezione, installati nei quadri elettrici, non saranno utilizzati come comando funzionale ad eccezione dei circuiti di illuminazione installati all'interno dell'area vendita, in cui i binari luce saranno comandati mediante i dispositivi di protezione installati all'interno del quadro elettrico generale.

21. GRUPPO STATITO UPS

Non è stato previsto l'installazione di un UPS centralizzato e delle rispettive linee di distribuzione ma si è optato eventualmente per l'installazione di dispositivi localizzati in futuro e destinati alle single utenze che ne richiedessero l'uso.

Va, inoltre, tenuto presente che non si è ritenuto necessario impiegare un CPS o un LPS nemmeno per l'impianto d'illuminazione di sicurezza perché:

- non si tratta di illuminare ambienti grandi;
- l'altezza dei locali è contenuta e, pertanto, non è necessario utilizzare apparecchi di notevole potenza per l'illuminazione di sicurezza;
- sono stati utilizzati apparecchi autonomi distinti dagli apparecchi per l'illuminazione ordinaria;
- la potenza impegnata dagli apparecchi per l'illuminazione di sicurezza non supererà 2 kVA;
- non sono presenti aree ad alto rischio.

22. IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto prevede anche la realizzazione di un impianto di generazione elettrica innovativo con l'utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica. Il progetto prevede la realizzazione di n° 1 impianto fotovoltaico da installare sulla copertura della struttura. Rispetto alla grandezza minima di realizzazione dell'impianto è stata considerata la tabella seguente secondo i criteri dettati del Decreto Legislativo n. 199 dell'8 novembre 2021 in vigore dal 15 dicembre 2021.

Requisiti per la copertura del fabbisogno di energia da fonti rinnovabili
<ul style="list-style-type: none">• 60% di copertura da fonti rinnovabili per il servizio di acqua calda sanitaria;• 60% di copertura da fonti rinnovabili per l'insieme dei servizi di riscaldamento, raffrescamento e acqua calda sanitaria.
<i>Per gli edifici pubblici le percentuali salgono al 65%</i>

Requisiti relativo all'installazione di impianti fotovoltaici
Obbligo installazione Impianti FV di potenza pari a: $P=k \cdot S$ Dove: S=Superficie in pianta dell'edificio senza pertinenze k=0,025 per edifici esistenti k=0,05 per edifici nuovi
<i>Per gli edifici pubblici la potenza è incrementata del 10%</i>

Orbene in relazione alla superficie in pianta dell'immobile pari a circa $S= 624 \text{ mq}$ è stata desunta una potenza nominale di picco minima dell'impianto da realizzare pari a 34,32 kWp. Sarà realizzato nella

fattispecie un impianto di potenza nominale di picco pari a $P = 35,20$ Kw lievemente maggiorato. L'impianto sarà realizzato con l'installazione di n.64 moduli fotovoltaici con celle di silicio monocristallino, di potenza cadauno pari a 550 Wp interconnessi a un inverter di potenza nominale pari a $P = 36$ kW. L'impianto sarà allacciato direttamente nel quadro elettrico generale QEG mediante uno specifico interruttore.

23. DETERMINAZIONE DELLA POTENZA CONTRATTUALE

Come evidenziato nei documenti di calcolo la potenza contrattuale richiesta dalla Committenza è di 40 kW. Alla determinazione della potenza contrattuale hanno concorso

- le potenze dei vari carichi
- i fattori di contemporaneità indicati nei calcoli
- il bilanciamento dei carichi monofase tra le fasi indicato negli schemi elettrici.

24. DISTRIBUZIONE DELLA FORZA MOTRICE

All'interno dei locali la distribuzione della forza motrice avverrà a mezzo del quadro elettrico generale.

Al misuratore dell'energia elettrica sarà collegata la linea elettrica principale:

- cavo tipo FG16M16 0,6/1 kV sez. $3 \times (1 \times 50) + 1 \times 25$ mmq per l'alimentazione del dispositivo generale DG destinato ad alimentare e proteggere la linea succitata per alimentare il quadro elettrico generale QEG. La linea quindi sarà dotata del proprio dispositivo di protezione contro le sovracorrenti ed i contatti indiretti. Il dispositivo posto a valle del misuratore di energia elettrica sarà installato all'interno di un quadro denominato QECE. Quest'ultimo sarà installato subito a valle del misuratore di energia elettrica, in modo che i cavi di collegamento, tra il misuratore ed il quadro stesso abbiano una lunghezza non superiore a 3 m in accordo con quanto previsto dalla norma CEI 0-21. Dal quadro QECE si alimenterà il quadro elettrico generale per l'alimentazione delle utenze terminali ad essi connesse. La sezione dei cavi è strettamente legata ai dispositivi di protezione installati e, questi ultimi, sono stati scelti in modo da garantire la migliore selettività rispetto ai dispositivi posti a valle ed anche il potere di interruzione adeguato al punto d'installazione. Al fine di conseguire la massima selettività possibile, si è deciso di suddividere i circuiti di illuminazione e forza motrice su diverse linee. Le sezioni, le tipologie e le modalità di posa dei cavi di alimentazione di ciascun sottoquadro e di ciascuna utenza sono indicate negli schemi elettrici allegati. All'interno dei locali del Committente non saranno installate linee di alimentazione di carichi da alimentare con particolari esigenze di continuità di

servizio. In via generale le condutture saranno poste a vista in tubazioni a parete come indicato nelle relative planimetrie di progetto.

Le prese a spina, saranno installate a 1 m da terra:

- dotate di alveoli schermati e installate nelle aree con presenza di bambini ad un'altezza da terra minimo 1,20 metri;

- preferibilmente munite di interblocco con un interruttore automatico e magnetotermico;

- alimentate mediante una linea dotata, a monte, di protezione contro le sovracorrenti ed i contatti indiretti, selettiva rispetto alle protezioni offerte dall'eventuale interruttore di interblocco.

L'interblocco, di cui potranno essere dotate le prese sopra indicate, rappresenta una misura di protezione addizionale, che eviterà la presenza di tensione sui contatti della presa quando in essa non saranno inserite apposite spine. La presenza della protezione singola, offerta dall'eventuale interruttore di interblocco, ed il divieto di alimentare dispositivi essenziali per la sicurezza delle persone mediante le prese in questione, consentirà di raggruppare le prese in numero anche non superiore a tre, con una protezione generale posizionata nel quadro elettrico QEG. Non sarà necessario impedire l'accesso all'interruttore della singola presa da parte del personale del Committente se la presa:

- alimenterà servizi o utilizzatori non essenziali per la sicurezza delle persone;

- sarà dotata di protezione singola contro le sovracorrenti ed interblocco. Le prese a spina, installate all'interno di scatole portafrutto incassate nella muratura, saranno poste ad almeno 1500 mm dal pavimento. Le prese così individuate saranno protette singolarmente contro le sovracorrenti, attraverso gli interruttori automatici e magnetotermici di interblocco installati a ridosso della presa corrispondente.

In tutti gli altri ambienti sarà possibile raggruppare le prese sotto la stessa protezione in numero non superiore a cinque salvo quanto indicato in precedenza o nei paragrafi dedicati.

Le prese a spina saranno installate all'interno di apposite scatole portafrutto incassate nella muratura e laddove ciò non sia possibile potranno essere installate in scatole a parete con grado di protezione minimo di IP4x. Per quanto riguarda la tipologia di prese da impiegare si terrà presente quanto riportato di seguito:

- per l'alimentazione di elettrodomestici, attrezzi di lavoro, eccetera, salvo l'esigenza di impiegare prese del tipo interbloccato, si utilizzeranno prese tipo P40 - 2P+T 10/16 A – con morsetto di terra laterale e centrale;

- per l'alimentazione di apparecchi utilizzatori diversi da quelli indicati al punto precedente, prese tipo P17/11 2P+T – 10/16 A;

La posizione delle prese elettriche, indicata negli elaborati progettuali allegati al presente documento, sarà meglio concordata con il Committente in relazione alle sue esigenze. Le prese destinate al comando di elettrodomestici con potenza nominale superiore a 1 kW potranno essere preferibilmente ma non tassativamente comandate da appositi interruttori funzionali di tipo bipolare. Questi ultimi saranno installati quanto più vicino possibile alle prese da comandare. Tutti i dispositivi di protezione installati all'interno dei quadri elettrici non avranno alcuna funzione di comando funzionale. A tale scopo saranno installati appositi interruttori di comando nei relativi ambienti che potranno anche essere posizionati in modo centralizzato.

25. IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione oggetto del presente progetto, riguarda l'illuminazione generale degli interni, la norma di riferimento è la UNI EN 12464-1, che prevede i seguenti livelli di illuminamento medio (E_m) necessari a garantire il comfort visivo:

- Nido: 500 lx
- Atrio: 300 lx
- Ingressi: 300 lx

Al riguardo lo scrivente tiene a precisare che non è suo compito verificare le grandezze illuminotecniche in quanto non rientranti nel presente incarico. Il D.M. 37/08 infatti definisce l'impianto elettrico come "i circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina con esclusione degli equipaggiamenti elettrici in genere" art. 2, comma 1, lett. e). Per la Norma CEI 64-8, i componenti elettrici, tra cui gli apparecchi utilizzatori, fanno parte dell'impianto elettrico "solo per quanto riguarda le loro caratteristiche e applicazione nell'impianto" art. 21.1. e art. 11.5". Tuttavia è stato accertato che il tipo di corpi illuminanti fosse idoneo al luogo di installazione. Si precisa inoltre che per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, oltre che al valore illuminotecnico proprio richiesto dalle norme, è necessaria anche una particolare uniformità degli ambienti stessi, in modo da evitare continui restringimenti ed allargamenti della pupilla in caso di spostamento dello sguardo e/o movimento all'interno dello spazio lavoro. Pertanto, si sottolinea che i valori di illuminamento medio indicati, tengono conto anche delle superfici occupate dagli arredi. Anche se alcune zone avrebbero richiesto livelli di illuminamento minori, si è preferito adottare valori piuttosto uniformi in tutta l'area,

al fine di evitare disuniformità d'illuminamento piuttosto marcate che sarebbero potute risultare fastidiose. Qualora si rendesse necessario potenziare l'impianto d'illuminazione in prossimità di zone specifiche, sarà sempre possibile ricorrere ad un'illuminazione di tipo puntuale. Va comunque tenuto presente che, in alcune situazioni, la presenza dell'arredamento può incidere negativamente sui valori di uniformità ma in questi casi si cerca di raggiungere il miglior compromesso tra l'uniformità d'illuminazione e la potenza installata nell'area interessata, a volte a discapito dell'uniformità ed a vantaggio del livello di illuminamento minimo. A tal scopo, si adottano apparecchi illuminanti con ottica del tipo BIPARABOLICA, in alluminio lucido brillantato, e lamelle paraboliche con il recuperatore di flusso, al fine di garantire il massimo livello di uniformità raggiungibile, con l'ottimizzazione delle posizioni degli apparecchi illuminati all'interno dei locali. In considerazione del sempre maggior sviluppo della tecnologia L.E.D. e volendo utilizzare tale tecnologia anche per gli impianti di illuminazione ordinaria e di emergenza, in via cautelativa si consiglia di proteggere le linee elettriche di alimentazione dell'impianto d'illuminazione mediante interruttori differenziali di tipo A. Si osserva, tuttavia, che tutte le operazioni di manutenzione sull'impianto di illuminazione dei locali dovranno essere effettuate tassativamente ponendo fuori tensione il circuito interessato per il tramite dell'interruttore automatico magnetotermico dedicato installato nel quadro "QEG". Infatti, l'impianto d'illuminazione sarà suddiviso per zone e ciascuna sezione sarà dotata di proprio dispositivo di protezione magnetotermico e differenziale. Gli apparecchi illuminanti saranno installati ad una quota minima dal piano di calpestio di 2,70 m circa in tutti gli ambienti. In fase di realizzazione degli impianti, si terrà presente che tutti gli apparecchi illuminanti dovranno risultare fuori dalla portata di mano in tutti gli ambienti e, nelle zone di passaggio, non dovranno costituire intralcio o rischiare di essere danneggiati da urti o altre azioni meccaniche. Infine, in tutti i casi in cui non fosse possibile installare gli apparecchi illuminanti al di fuori della portata di mano, sarà necessario dotarli di protezione meccanica addizionale. Per quanto riguarda il comando dell'impianto d'illuminazione si osserva che gli apparecchi illuminanti potranno essere anche comandati in alternativa mediante pulsanti centralizzati in posizione accessibile al solo personale del Committente. In tutti i casi in cui un circuito trifase alimenti più circuiti monofase (ad esempio come il caso dell'impianto d'illuminazione) nessun dispositivo di sezionamento o comando sarà installato sul conduttore di neutro. In virtù di questo tipo di disposizione circuitale si osserva che tutte le operazioni di manutenzione sull'impianto di illuminazione dei locali dovranno essere effettuate tassativamente ponendo fuori tensione il circuito

interessato per il tramite dell'interruttore automatico magnetotermico dedicato installato nel quadro di riferimento.

26. ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA E SICUREZZA

L'impianto di illuminazione di emergenza e sicurezza viene dimensionato al fine di agevolare l'esodo e ridurre il panico delle persone in caso di emergenza. L'illuminazione è affidata ad apparecchi di tipo autoalimentato SE (solo Emergenza), con Autonomia minima di 1h, e del tipo autoalimentato SA (sempre accese) complete di pittogrammi secondo norma. L'alimentazione degli apparecchi illuminanti di emergenza, è proveniente da linea dedicata dal quadro elettrico di zona. Per quanto riguarda i livelli di illuminamento richiesti, la norma di riferimento è la UNI1838, salvo valori maggiori previsti nell'ambito di decreti ministeriali applicabili al tipo di attività svolta nei locali. In relazione al tipo di attività nonché al decreto 81/08 vi è l'obbligo di prevedere l'illuminazione di emergenza per l'esodo valutando il rischio dell'assenza dell'illuminazione ordinaria. L'illuminazione di sicurezza per l'esodo sarà realizzata secondo le seguenti prescrizioni. L'illuminazione di sicurezza per l'esodo va posizionata:

- Entro 2 m da

- Ogni uscita di sicurezza in orizzontale da ciascuna di esse
- ogni uscita di sicurezza che immette sul luogo sicuro
- presidio di pronto soccorso (con illuminamento di 5 lux sul piano verticale)
- presidio antincendio (con illuminamento di 5 lux sul piano verticale)
- mezzi per evacuare persone diversamente abili
- luoghi di rifugio per le persone diversamente abili compresi i luoghi dove è rimandato l'allarme corrispondente
- Sulle scale in modo che ogni rampa sia illuminata direttamente
- Entro 2 m da ogni cambio di livello (gradino)
- In corrispondenza di ogni cartello non luminoso
- Ad ogni cambio di direzione (illuminare ogni direzione) – va messa al centro del cambio
- Ad ogni incrocio (illuminare ogni direzione) – va messa al centro del cambio

Per i corridoi di larghezza fino a 2m, la norma UNI 1838 richiede un illuminamento medio mantenuto di:

- 1 lux sulla linea mediana del corridoio a livello del suolo;

- 0,5 lux a livello del suolo in entrambe le fasce laterali del corridoio (larghe ciascuna metà della larghezza del corridoio).

I corridoi più larghi di 2 m vanno divisi in strisce di larghezza fino a 2 m e trattarle singolarmente come i corridoi fino a 2 m (cioè 1 lux al centro e 0,5 lux lateralmente). In sintesi, riepilogando quanto sopra per quanto riguarda il livello d'illuminamento si osserva che negli ambienti soggetti a specifici decreti di prevenzione incendi i limiti normalmente sono i seguenti:

- 2 lux per le aree antipanico
- 5 lux lungo le vie di esodo

I valori d'illuminamento appena indicati devono essere rispettati con riferimento ad un piano posto ad un metro dal piano di calpestio e tenendo conto delle riflessioni dei locali. Negli ambienti non soggetti a specifici decreti di prevenzione incendi, nei quali si applica il nuovo codice di prevenzione incendi o il testo unico in materia di sicurezza D.M. 81/08, si applica la norma UNI 1838 ed i limiti minimi diventano i seguenti:

- 0,5 lux per le aree antipanico – In particolare il valore indicato dovrà essere garantito all'interno di una zona dell'area antipanico che si estenderà fino a lasciare una cornice perimetrale di 0,5 m;
- 1 lux lungo le vie di esodo - In particolare, il valore di 1 lux dovrà essere garantito lungo la linea di mezzzeria della via di esodo, mentre nelle due metà costituenti la larghezza della via di esodo vigerà il limite di 0,5 lux. Per via di esodo s'intenderà qualunque percorso destinato al raggiungimento di un luogo sicuro ma di larghezza massima di 2 m. In presenza di vie di esodo di larghezza maggiore, queste dovranno essere ricondotte a tratti di larghezza massima pari a 2 m e per ciascun tratto vigeranno le indicazioni sopra riportate.
- I valori d'illuminamento appena indicati devono essere rispettati con riferimento ad un piano coincidente con il piano di calpestio e senza tener conto delle riflessioni dei locali.
- Per le aree ad alto rischio, qualora presenti, sarà garantito un illuminamento mantenuto $\geq 10\%$ dell'illuminamento previsto per l'attività e comunque mai inferiore a 15 lux, con una disponibilità del 100% entro 0,5 s.

Per quanto riguarda la segnalazione delle vie di esodo, questa può essere realizzata mediante appositi cartelli da posizionare:

- In corrispondenza delle uscite di sicurezza;
- Ogni volta che possa esserci un dubbio sul percorso da seguire;
- In corrispondenza dei corridoi ciechi.

Inoltre, da ogni punto della via di esodo deve essere visibile un cartello. I cartelli possono essere ripetuti per confermare la direzione (cartelli di rinforzo o di conforto) e devono essere posizionati ad almeno 2 m dal piano di calpestio. Rileva osservare che, con riferimento alla segnalazione di sicurezza delle vie di esodo, perde di significato il flusso luminoso emesso dal singolo apparecchio ed assume particolare rilevanza la distanza di visibilità del segnale.

A tale scopo sarà verificata la seguente relazione

$$d = s * p$$

In cui

d - è la distanza di osservazione del segnale in metri

p - è l'altezza del segnale in centimetri

s - è una costante che vale

– 100 per segnali illuminati dall'esterno

– 200 per segnali illuminati dall'interno (consigliato se si teme la presenza di fumo).

Normalmente, a parità di altezza del segnale, un segnale retroilluminato è visibile da una distanza circa doppia rispetto ad un segnale illuminato da una sorgente esterna.

Tuttavia, secondo il D.lgs. 81/08 la distanza a cui un cartello è visibile è pari a

$$D = \sqrt{2000 * A}$$

(valida fino ad una distanza di 50 m, indipendentemente dall'illuminazione del cartello in cui "A" è l'area del cartello. Questa seconda formula è a favore della sicurezza, quindi è preferibile rispetto alle formule riportate in precedenza. Tuttavia, poiché la distanza di visibilità di un cartello è dichiarata dal Costruttore, è sempre bene attenersi alle indicazioni di quest'ultimo ed al riferimento normativo o di legge in base al quale è dichiarata la distanza di visibilità. Si ritiene opportuno, inoltre, sottolineare come, secondo la norma CEI EN 50172, la segnalazione di sicurezza sia consigliata in tutti gli ambienti in cui gli occupanti possono non avere familiarità con l'edificio. Per quanto riguarda l'informazione che il segnale deve trasmettere, si farà uso di specifici pittogrammi, conformi alla norma EN ISO 7010 ma nel caso in cui questi non fossero disponibili, saranno accettabili anche quelli previsti all'allegato XXV par. 3.4 del DM 81/08 perché in base alla circolare del Ministero del lavoro n. 30 del 16.07.2013 le due tipologie non equivocano il significato del simbolo da trasmettere. All'interno degli ambienti, il rischio per le persone non si ritiene elevato, pertanto, in via generale non è necessaria l'illuminazione antipanico. Tuttavia alcune aree dei locali superano la superficie limite di 60 m² al di sotto della quale

non è necessario prevedere l'illuminazione antipanico a meno che non si tratti di ingressi o locali di servizio per le persone diversamente abili. Pertanto si può concludere che poiché la norma CEI EN 50172 richiede l'illuminazione antipanico:

- in tutti i locali in cui non siano definite le vie di fuga;
- negli ingressi;
- nei locali di superficie maggiore di 60 m²;
- nei locali servizi per le persone diversamente abili;
- nei corridoi con larghezza maggiore di 2 m secondo UNI 1838;

l'illuminazione antipanico, sarà prevista.

L'illuminazione antipanico deve garantire:

- 0,5 lux al suolo sull'intera area come illuminamento medio mantenuto ad eccezione di una fascia di 0,5 m perimetrale e senza considerare le riflessioni;
 - Gli apparecchi devono stare ad almeno 2 m dal suolo (per non essere oscurati);
 - Deve avere un'autonomia di almeno 1 h;
 - Dovrebbero essere previsti almeno due apparecchi per ambiente (fatta eccezione per i locali di servizio per disabili e per gli ascensori. Si osserva che nessuna norma, regolamento, decreto o legge impone l'uso di apparecchi per l'illuminazione di emergenza "antipanico" del tipo "sempre acceso". Questa tipologia di apparecchio è normalmente richiesta solo per la segnalazione di sicurezza da adottare lungo le vie di esodo e solo nei seguenti ambienti:
- Luoghi di pubblico spettacolo D.M. 19.08.1996 – CEI 64-8/7
 - Centri commerciali D.M. 27/07/2010
 - Asili nido D.M. 16/07/2014

Inoltre, gli apparecchi d'illuminazione del tipo "sempre acceso" possono essere utilizzati come luci di cortesia oppure in tutti i casi in cui si vuole un'evidenza certa del loro funzionamento. In termini di caratteristiche installative, saranno utilizzati apparecchi autoalimentati con un'autonomia minima di almeno 90 minuti. Gli apparecchi di illuminazione saranno installati almeno nei seguenti punti:

1. In corrispondenza di ogni uscita di sicurezza indicata;
2. In corrispondenza di ogni porta di uscita prevista per l'uso in emergenza;
3. Vicino (cioè ad una distanza inferiore ai 2 m misurati in senso orizzontale) ad ogni eventuale rampa di scale in modo che ognuna di esse riceva luce diretta;

4. Analogamente vicino (cioè ad una distanza inferiore ai 2 m misurati in senso orizzontale) ad ogni cambio di livello o gradino;
5. In corrispondenza dei segnali di sicurezza;
6. In corrispondenza di ogni cambio di direzione lungo la via di esodo;
7. In corrispondenza di ogni intersezione di corridoi, cioè quando ci si trova di fronte ad una diramazione o bivio che comporta una scelta di direzione;
8. Immediatamente all'esterno di ogni uscita che porta in un luogo sicuro cioè la meta dell'esodo in situazioni di emergenza. Questo apparecchio potrebbe non essere necessario se il luogo sicuro è la pubblica via dotata di illuminazione.
9. Vicino (cioè ad una distanza inferiore ai 2 m misurati in senso orizzontale) ad ogni punto o locale di pronto soccorso se presente;
10. Vicino (cioè ad una distanza inferiore ai 2 m misurati in senso orizzontale) ad ogni dispositivo antincendio (estintore, manichette, pulsanti di allarme, etc.) e ad ogni punto di chiamata telefonica per pronto soccorso o per interventi antincendio se presente. La sorgente di alimentazione degli apparecchi per l'illuminazione di sicurezza del tipo autonomo, potrà essere di tipo ordinario. Il circuito di alimentazione degli apparecchi per l'illuminazione di sicurezza non sarà un circuito di sicurezza e non sarà nemmeno necessario che il cavo di alimentazione sia del tipo resistente al fuoco poiché gli apparecchi saranno del tipo autoalimentato. L'installazione degli apparecchi avverrà a parete, in modo da evidenziare meglio le vie di esodo e gli eventuali ostacoli. La posizione degli apparecchi illuminanti è indicata nelle planimetrie allegate. Per quanto riguarda l'illuminazione di sicurezza preposta alla segnalazione delle vie di esodo e delle uscite di emergenza si ricorrerà all'impiego di apparecchi d'illuminazione autonomi dotati di specifici pittogrammi installati:
 - a bandiera sotto al soffitto e lungo i percorsi che condurranno alle uscite di emergenza;
 - a parete sulle uscite di emergenza o sui varchi di passaggio che condurranno alle uscite di emergenza.

Il circuito di alimentazione degli apparecchi per l'illuminazione di sicurezza, siano essi analoghi a quelli per l'illuminazione ordinaria, siano essi destinati all'illuminazione delle vie di esodo e delle uscite di emergenza, sarà dotato di una condotta dedicata completa di dispositivi di protezione specifici e distinti da quelli relativi agli altri circuiti. L'impianto d'illuminazione di riserva dovrà sempre essere inserito ed il personale del Committente dovrà provvedere ad effettuare una prova di funzionamento

almeno ogni settimana. Almeno una volta al mese dovrà essere effettuata la scarica e la carica complete di tutte le batterie degli apparecchi per l'illuminazione di riserva. Le sorgenti luminose poste lungo le vie di esodo non conterranno fluidi infiammabili. Non saranno previsti interruttori per l'inibizione del funzionamento degli apparecchi illuminanti autonomi citati. Infine, per quanto attiene agli aspetti di sicurezza fotobiologica, vista la natura delle sorgenti luminose, si osserva che tutti gli apparecchi saranno classificati nel gruppo di rischio esente dal Costruttore, ai sensi della norma CEI 76-6 (CEI EN 62471).

27. IMPIANTO DI MESSA A TERRA

In considerazione del sistema di distribuzione TT, l'impianto del Committente dovrà essere dotato di un impianto di messa a terra di protezione la cui resistenza sia conforme alla seguente relazione:

$$R_t \leq \frac{V_c}{I_{dn}}$$

In cui:

R_t – resistenza dell'impianto di messa a terra;

V_c – tensione di contatto ammissibile – 50V;

I_{dn} – corrente differenziale d'intervento del dispositivo meno sensibile.

Il dispositivo di minore sensibilità presente nell'impianto sarà caratterizzato dal seguente valore:

$I_{dn} = 1 \text{ A}$

Conseguentemente l'impianto di messa a terra potrà presentare una resistenza massima di

$$R_t \leq \frac{50}{1} \leq 50\Omega$$

Dal momento che le strutture esterne o perimetrali non potranno essere intaccate per raggiungere gli eventuali ferri di armatura, non sarà possibile utilizzare alcun dispersore naturale o di fatto. Tuttavia, ogni qualvolta, durante l'esecuzione dei lavori, fosse possibile, sarà preferibile collegare in equipotenzialità con l'impianto di messa a terra anche l'eventuale rete elettrosaldata del pavimento.

Gli elementi fondamentali che costituiranno l'impianto di messa a terra del Committente, aggiuntivi rispetto al dispersore condominiale saranno:

- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali;
- collettore di terra.

Tutti gli utilizzatori elettrici di Classe I presenteranno delle parti conduttrici che normalmente non saranno in tensione, quali ad esempio gli involucri metallici. Tuttavia queste parti potranno andare in tensione per un difetto dell'isolamento principale dell'utilizzatore stesso. Per tale motivo queste apparecchiature saranno considerate "MASSE". In via generale, tutte le masse saranno collegate all'impianto di messa a terra mediante un conduttore di protezione, "PE", del tipo FS17 e dotato di isolamento con colorazione giallo-verde. La sezione dei conduttori di protezione sarà stabilita in relazione ai valori minimi indicati in sede normativa e che si riepilogano nella tabella seguente:

Sezione del conduttore di fase (mm ²)	Sezione minima del conduttore di protezione, PE (mm ²)			
	Materiale conduttore			
	Rame		Alluminio	
	PE	PEN ¹	PE	PEN
≤ 16	S _F	S _F	S _F	S _F
16÷35	16	16	16	25
≥ 35	S _F /2	S _F /2	S _F /2	S _F /2

Tabella 1 - Sezione minima dei conduttori di protezione - PE

Per capire se l'adozione delle sezioni minime di cui alla Tabella 1 sia sufficiente rispetto alle esigenze specifiche, la sezione del conduttore PE potrà essere calcolata con la seguente relazione:

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{I_g^2 t}{K_c^2}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

In cui

S_{PE} – è la sezione del conduttore di protezione

I_g – è la corrente verso terra in caso di guasto

t – è il tempo d'intervento del dispositivo di protezione

K_c – è un coefficiente dipendente dal materiale del conduttore di terra e dalle temperature iniziali e finali dello stesso. Per quanto riguarda i valori di "I_g" e "t", valgono le seguenti considerazioni. Per

valutare la corrente di guasto a terra, si può osservare che essa potrà essere ottenuta con la seguente relazione:

$$I_g = \frac{V_f}{R_t} \text{ [A]}$$

In cui

I_g – è la corrente di guasto a terra

V_f – è la tensione del sistema verso terra pari a 230 V

R_t – è la resistenza di terra

In relazione al valore della resistenza di terra precedentemente indicato è possibile che in caso di guasto verso terra la corrente di guasto assuma il valore di:

$$I_g = \frac{230}{50} = 4,6 \text{ A}$$

Per quanto riguarda il tempo d'intervento del dispositivo di protezione, al netto del ritardo intenzionale, va tenuto presente che i relè differenziali dovranno comunque intervenire nel rispetto dei tempi seguenti, secondo la norma di prodotto:

Tipo differenziale	$I_{\Delta N} \times 1$	$I_{\Delta N} \times 2$	$I_{\Delta N} \times 5$	Note
Generale "AC-A"	0,2 s	0,15 s	0,04 s	Tempo d'intervento massimo in secondi
Selettivo "S"	0,5 s	0,20 s	0,15 s	Tempo d'intervento massimo in secondi
	0,13 s	0,05 s	0,05 s	Tempo di non intervento minimo in secondi
I tempi indicati comprendono il normale tempo d'intervento del dispositivo di protezione che generalmente è di circa 10-15 ms.				

Tabella 2 - Tempi d'intervento dei relè differenziali

Pertanto, nell'impianto di cui trattasi, nel caso peggiore sarà chiamato ad intervenire il dispositivo con sensibilità minore che presenta le seguenti caratteristiche:

- tipologia del dispositivo considerato "S"
- circuito a valle Distribuzione
- sensibilità 1 A

- ritardo intenzionale nell'intervento 0 s
- tempo d'intervento – Tabella 2 0,5 s (limite di 1s secondo la norma impianti)

Il ritardo indicato comprende già il normale tempo d'intervento del dispositivo di protezione che generalmente è di circa 10-15 ms, pertanto, sarà possibile considerare un tempo d'intervento massimo complessivo di 500 ms. Infine, il valore di "Kc" sarà scelto attraverso le tabelle seguenti per quanto applicabili:

Tipo di conduttore		Tipo di isolante		
		PVC $\theta_i = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_f = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$	G2 $\theta_i = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_f = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$	EPR/XLPE $\theta_i = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_f = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$
Cavo unipolare	Rame	143	166	176
	Alluminio	95	110	116
Cavo nudo a contatto con rivestimento esterno di cavi isolati	Rame	143	166	176
	Alluminio	95	110	116
	Ferro	52	60	64

Tabella 3 - Valori di Kc per conduttori PE costituiti da un cavo unipolare o da un conduttore nudo in contatto con il rivestimento esterno di altri cavi

Conseguentemente il valore della sezione dei conduttori di protezione costituiti da cavi unipolari dovrà risultare maggiore di:

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{4,6^2 * 0,5}{143^2}} = 0,023 \text{ [mm}^2\text{]}$$

²In cui: θ_i =Temperatura iniziale e θ_f = Temperatura finale

Tipo di conduttore		Tipo di isolante		
		PVC $\theta_i = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_f = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$	G2 $\theta_i = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_f = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$	EPR/XLPE $\theta_i = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_f = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$
Anima di cavo multipolare	Rame	115	135	143
	Alluminio	76	89	94

Tabella 4 - Valori di Kc per conduttori PE costituiti da anime di cavi multipolari

Conseguentemente il valore della sezione dei conduttori di protezione costituiti da cavi multipolari dovrà risultare maggiore di:

$$1. \quad S_{PE} = \sqrt{\frac{4,6^2 * 0,5}{143^2}} = 0,023 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Tipo di conduttore		Tipo di posa		
		A	B	C
		$\theta_i = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_f = 500 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_i = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_f = 200 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_i = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_f = 150 \text{ }^\circ\text{C}$
Cavo nudo non a contatto con rivestimento esterno di cavi isolati	Rame	228	159	138
	Alluminio	125	105	91
	Ferro	82	58	50
A	A vista in locali accessibili solo a personale addestrato			
B	In condizioni ordinarie			
C	In locali con pericolo d'incendio			

Tabella 5 - Valori di Kc per conduttori PE costituiti da conduttori nudi non in contatto con materiali danneggiabili

Conseguentemente il valore della sezione dei conduttori di protezione costituiti da conduttori nudi dovrà risultare maggiore di:

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{4,6^2 * 0,5}{159^2}} = 0,020 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Tipo di conduttore		Tipo di isolante		
		PVC	G2	EPR/XLPE
		$\theta_i = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_f = 160 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_i = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_f = 250 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_i = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_f = 220 \text{ }^\circ\text{C}$
Rivestimento o armatura del cavo	Rame	122	140	149
	Alluminio	79	90	96
	Ferro	42	48	51
	Piombo	22	19	19

Tabella 6 - Valori di Kc per conduttori PE costituiti dal rivestimento metallico o dall'armatura del cavo

Dal momento, quindi, che la sezione calcolata, in nessun caso supera quella minima richiesta dalla normativa, sarà adottata quest'ultima per la scelta della sezione dei conduttori di protezione, in accordo alle indicazioni della Tabella 1, e tenuto conto della sezione minima dei conduttori di fase. Ogni volta che i percorsi e le distanze lo consentiranno, i conduttori di protezione, saranno collegati direttamente al collettore di terra, tuttavia, potrà anche ritenersi maggiormente conveniente distribuire dei conduttori di protezione "PE", con funzioni di dorsali di collegamento. Questi conduttori trarranno origine direttamente dal collettore di terra e saranno collegati ad altri conduttori di protezione distribuiti negli ambienti per il tramite di morsetti a pettine, allo scopo di non interrompere mai il conduttore di protezione che svolge funzione di linea dorsale. In alternativa, potranno essere impiegate specifiche morsettiere unipolari, dotate di un morsetto passante di tipo apribile e destinato al conduttore della linea dorsale. Questa soluzione consentirà di non interrompere mai il conduttore di protezione della linea dorsale. In presenza di linea dorsale dell'impianto di messa a terra, si provvederà a derivarne tanti conduttori di protezione quante sono le prese a spina e/o gli utilizzatori fissi presenti nell'ambiente. I punti in cui potranno avvenire le citate derivazioni saranno le scatole di derivazione dislocate all'interno dei locali. Per quanto possibile si cercherà di evitare l'"entra-esce" dalle prese a spina, limitandolo solo ai casi in cui risulta effettivamente conveniente in termini di percorso delle linee. In questo caso rientreranno, a titolo di esempio, i conduttori di protezione dell'impianto d'illuminazione, delle prese a spina e più in generale di tutte quelle masse alimentate da sottoquadri o comunque troppo distanti dal collettore principale. Il conduttore di protezione con funzione di linea dorsale avrà una sezione non inferiore a quella del conduttore di protezione di sezione maggiore ad esso collegato. Nei casi in cui l'alimentazione delle apparecchiature di classe I avvenga a mezzo di cavi multipolari, il collegamento all'impianto di messa terra avverrà a mezzo di una delle anime dei cavi di alimentazione. L'isolante di ciascun conduttore di protezione, anche se costituito da una delle anime di un cavo multipolare, avrà una colorazione giallo/verde. Nessun altro cavo dell'impianto, che non sia un conduttore di protezione, avrà la stessa colorazione sopra riportata. In caso di variazioni in corso d'opera, le linee dorsali dell'impianto di messa terra potranno essere più di una se questa misura risultasse a favore della semplificazione dell'impianto e dell'affidabilità dei collegamenti distribuiti. In tali casi, tuttavia, si terrà presente che ciascuna linea dorsale dovrà trarre origine dal collettore di terra. Tutti i corpi metallici, suscettibili di introdurre un potenziale pericoloso nell'impianto, come ad esempio il potenziale di terra, saranno considerati come delle "MASSE ESTRANEE". Per definire quali corpi metallici siano da ritenere masse estranee, in fase di realizzazione

dell'impianto, si provvederà a misurarne la relativa resistenza verso terra. Qualora il predetto valore sia inferiore a $1000\ \Omega$, il corpo metallico sarà considerato massa estranea. Tutte le masse estranee saranno collegate all'impianto di messa a terra mediante dei conduttori equipotenziali, EQ, con le stesse caratteristiche dei conduttori di protezione ma con sezione minima di 4 mm^2 . Sarà preferibile che il collegamento delle masse estranee all'impianto di messa a terra avvenga direttamente mediante il collettore di terra. Qualora ciò non fosse possibile, il collegamento potrà avvenire anche per il tramite delle linee dorsali dell'impianto di messa a terra ma si porrà attenzione a fare in modo che ciascuna massa estranea sia collegata al nodo equipotenziale più vicino mediante un cavo dedicato.

In ogni caso saranno considerate masse estranee:

- la tubazione di adduzione dell'acqua, se in materiale metallico;
- la tubazione di adduzione del gas naturale, se in materiale metallico e se presente.

Il collegamento equipotenziale riservato alle masse estranee così elencate dovrà avvenire, mediante appositi morsetti, direttamente nel punto in cui esse fanno il loro ingresso nei locali. I conduttori equipotenziali potranno essere, pertanto, distinti in due tipologie:

- conduttori equipotenziali principali, EQP;
- conduttori equipotenziali supplementari, EQS;

i primi saranno riservati al collegamento con il collettore di terra di tutte le tubazioni e masse metalliche provenienti dall'esterno, a partire dal punto in cui detti elementi entrano nei locali; i secondi serviranno a ripetere il collegamento equipotenziale in ambienti particolari come i locali da bagno. In questi ultimi ambienti si osserva che tutti i collettori idrici dovranno essere collegati in equipotenzialità ed a terra mediante appositi conduttori equipotenziali supplementari con sezione minima di 4 mm^2 . Analogamente il collettore idrico per la distribuzione dell'acqua calda di riscaldamento, se presente, dovrà essere collegato all'impianto di messa a terra con un conduttore equipotenziale dedicato. Qualora durante l'esecuzione dei lavori, nei locali si riscontrasse la presenza di altre tubazioni di natura metallica provenienti dall'esterno, per il trasporto di liquidi o gas, si provvederà alla loro equipotenzializzazione attraverso dei conduttori equipotenziali principali con sezione minima di 4 mm^2 , che saranno collegati singolarmente al nodo di terra generale o più vicino.

Il collegamento alle tubazioni avverrà nel punto in cui esse entrano nei locali a mezzo di un collare di adeguate dimensioni. Salvo il valore delle sezioni minime indicate in precedenza, per la scelta della sezione dei conduttori EQS ed EQP si osserveranno i valori riportati nella seguente tabella:

Conduttori equipotenziali	Sezione del conduttore di protezione principale (mm ²)	Sezione del conduttore equipotenziale (mm ²)
EQP	≤ 10	6
	16	10
	25	16
	> 35	25
EQS massa-massa	EQS>PE di sezione minore	
EQS massa – massa estranea	EQS>1/2 della sezione del corrispondente conduttore PE	
In ogni caso le sezioni minime dei conduttori EQS saranno		
> 2,5 mm ² se protetto meccanicamente		
> 4 mm ² se non protetto meccanicamente		
È opportuno aumentare la sezione del conduttore EQS sulla base della corrente di guasto effettiva quando le due masse appartengono a circuiti con sezioni dei conduttori di protezione molto diverse. Questo ad evitare che sul conduttore EQS, dimensionato in base alla sezione del conduttore di protezione minore, possano circolare correnti di guasto non sopportabili dal conduttore stesso.		

Tabella 7 - Sezioni minime dei conduttori equipotenziali

Una considerazione particolare meritano le tubazioni in multistrato. In questi casi non sarà necessario alcun collegamento equipotenziale a condizione che lo schermo metallico della tubazione non sia posto in contatto con nessuna delle apparecchiature idriche presenti nei locali. Ciò solitamente avviene grazie alla raccorderia idraulica che impedisce il contatto tra l'anima metallica della tubazione ed il dispositivo ad essa connesso. Tuttavia sarà opportuno verificare il rispetto di questa condizione quando sarà stato realizzato l'impianto idrico. Qualora, invece, l'anima metallica della tubazione in multistrato sia in contatto con una o più apparecchiature idriche, si provvederà a rimuovere un piccolo tratto di guaina dalla tubazione stessa ed ad applicare uno specifico collare metallico sull'anima metallica. Questo collare sarà collegato ad un conduttore equipotenziale principale o supplementare e, quindi, tramite quest'ultimo, al collettore di terra. Inoltre, anche nel caso in cui la tubazione di adduzione principale dell'acqua sia in materiale isolante o in materiale multistrato con schermo isolato da qualsiasi apparecchiatura idrica presente nei locali, non sarà necessario alcun collegamento equipotenziale principale. Si rileva, inoltre, che malgrado il collegamento all'impianto di terra, le tubazioni idriche e del gas (eventualmente presenti) non rischieranno fenomeni di corrosione per effetto di correnti vaganti. Infatti, applicando, al caso in esame, l'obbligo di collegamento in equipotenzialità ed a terra di dette tubazioni, si individueranno vari motivi in base ai quali sarà possibile giustificare "l'innocuità" del collegamento per le tubazioni in questione:

- nell'impianto non si farà uso di correnti continue e le correnti alternate produrranno, eventualmente, effetti irrilevanti;
- le tubazioni metalliche che potrebbero risentire degli effetti di eventuali correnti vaganti sono di limitata estensione;
- i collari che si useranno saranno dello stesso materiale delle tubazioni da collegare (es. collari in ferro su tubazioni in ferro, collari in rame su tubazioni in rame, ecc..).

Nei pressi del quadro elettrico generale QEG, eventualmente all'interno di una scatola di derivazione installata a parete o ad incasso, oppure direttamente all'interno del quadro generale stesso, in un apposito scompartimento, sarà realizzato un collettore di terra. Questo collettore sarà collegato al dispersore esterno a mezzo del conduttore di protezione condominiale. Il collettore sarà costituito da una barra di rame sulla quale saranno realizzati i fori necessari al serraggio dei conduttori di protezione ed equipotenziali che vi faranno capo oppure sarà costituito da una morsettiera unipolare con diversi morsetti oltre ad uno passante apribile per l'eventuale collegamento senza interruzione del conduttore di protezione generale. La quantità di fori da realizzare o utilizzare sarà maggiore della quantità di conduttori da collegare al fine di evitare sovrapposizioni di più conduttori allo stesso foro. Inoltre, il collegamento alla barra di rame avverrà mediante, dadi, bulloni e capocorda a occhiello, oppure mediante morsetti dedicati, dimensionati in base alla sezione dei conduttori da collegare. La scatola oppure il compartimento del quadro elettrico, destinata al contenimento del collettore di terra sarà identificata mediante un cartello indicatore apposto direttamente sul relativo coperchio. Ciascun conduttore sarà identificato mediante una targhetta oppure attraverso una numerazione che rimandi ad una legenda riportata nei pressi della scatola che ospita il collettore stesso. Ulteriori collettori, noti come nodi equipotenziali, saranno realizzati, con le stesse modalità sopra descritte, in corrispondenza di ciascun quadro elettrico e/o in corrispondenza di tutti i punti di maggior raggruppamento dei conduttori di protezione ed equipotenziali distribuiti negli ambienti. I nodi equipotenziali saranno realizzati osservando le stesse indicazioni riportate per il collettore di terra. Ciascun collettore o nodo equipotenziale raggrupperà i conduttori di protezione ed equipotenziali locali e ne renderà disponibile il collegamento per futuri scollegamenti finalizzati a prove e misure. Ogni collettore o nodo sarà identificato mediante apposita segnalazione. Tutti i collettori o nodi saranno collegati tra loro mediante dei conduttori di protezione "PE", la cui sezione sarà uguale a quella del conduttore di protezione di sezione maggiore collegato ai collettori o nodi stessi. Il conduttore di terra collega i dispersori tra loro ed al collettore principale di terra. Poiché la sezione del conduttore di terra non deve essere inferiore

alla massima sezione dei conduttori di protezione collegati al collettore di terra ed in considerazione del fatto che la massima sezione dei conduttori di protezione sarà pari alla metà di quella dei conduttori di fase, in relazione alle indicazioni della Tabella 1, la sezione di 25 mm² del conduttore di terra potrà essere ritenuta sufficiente. Quanto sopra trova riscontro anche se si procede alla verifica analitica della sezione del conduttore di protezione considerando la procedura ed i parametri di cui al

$$- I_g = 4,6 \text{ A}$$

$$- t = 500 \text{ ms}$$

$$- K_c = 143$$

$$\text{Da cui } S_{PE} = 0,023 \text{ mm}^2$$

Dal momento, quindi, che la sezione calcolata non è superiore a quella minima richiesta nella Tabella 1, si è confrontata quest'ultima con quella del conduttore di protezione condominiale e si è concluso che la sezione di quest'ultimo può essere ritenuta sufficiente. Sarà preferibile collegare in equipotenzialità con l'impianto di messa a terra anche l'eventuale rete elettrosaldata del pavimento, qualora questa sia resa accessibile durante i lavori. Questo collegamento potrà avvenire mediante specifici conduttori equipotenziatori che saranno fissati alle reti elettrosaldate per il tramite di specifici bulloni la cui testa sarà saldata alle reti presenti nel pavimento. In alternativa, il collegamento dei conduttori equipotenziatori potrà essere fatto anche mediante specifici morsetti a pettine, purché:

- prima del collegamento, le parti di rete da porre in contatto con i morsetti siano preventivamente pulite;
- dopo la realizzazione del collegamento e prima di ripristinare lo stato dei luoghi, si provveda a ricoprire il punto di contatto con materiali adatti ad evitare la presenza di acqua sotto forma di umidità. Il collegamento citato contribuirà ad equipotenzializzare i punti nel terreno dove le persone possono sostare e transitare e ciò a favore della sicurezza. Infatti, la misura indicata, consentirà di ridurre la probabilità che si formino pericolose differenze di potenziale tra le masse o masse estranee ed il pavimento, diminuendo la possibilità di transito attraverso le persone delle eventuali correnti di guasto.

28. INDICAZIONI PER IL PIANO DI MANUTENZIONE

Salvo le indicazioni fornite dai produttori delle rispettive apparecchiature, che dovranno essere osservate alla stessa stregua delle indicazioni fornite di seguito, nella tabella seguente si forniscono

alcune indicazioni circa le operazioni di manutenzione e la relativa periodicità da rispettare per mantenere nel tempo le condizioni di sicurezza degli impianti realizzati. Le informazioni riportate di seguito sono da ritenere indicative e non esaustive, pertanto, si rimanda alla normativa tecnica applicabile per gli approfondimenti del caso, fatto salvo quanto indicato dal 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". In particolare, per l'impianto d'illuminazione di sicurezza si osserva che al fine di ottemperare agli obblighi previsti in sede legislativa, "Sicurezza antincendio e gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro", sarà opportuno sottoporre l'impianto d'illuminazione di sicurezza a manutenzione periodica e programmata secondo le indicazioni operative e temporali fornite dalle norme CEI EN 50172 e UNI CEI 11222 (CEI UNI 34-132). Ulteriore valida documentazione, relativa alla manutenzione dell'impianto d'illuminazione di sicurezza può essere recuperata attraverso la guida ASSIL "Associazione Nazionale Produttori Illuminazione" relativa alla manutenzione degli impianti d'illuminazione di emergenza. Per quanto riguarda la manutenzione periodica dell'impianto d'illuminazione di sicurezza, sarà opportuno provvedere a programmare almeno i seguenti interventi:

- Sostituzione delle batterie;
- Serraggio delle morsettiere;
- Sostituzione delle lampade, diffusori e riflettori;
- Sostituzione del pulsante EPO eventualmente presente.

Infine sarà opportuno annotare tutti gli interventi di manutenzione periodica, programmata e correttiva su un apposito registro dei controlli periodici conforme al DM 10.03.1998 ed alla norma EN 50172.

Questo registro riporterà almeno le seguenti informazioni:

- Data di messa in servizio dell'impianto;
- Documentazione tecnica relativa ad eventuali modifiche di impianto;
- Numero di matricola ed altri estremi di identificazione dei dispositivi di sicurezza;
- Estremi d'identificazione dell'operatore incaricato delle verifiche;
- Firma dell'operatore.

L'obbligo di effettuare una regolare manutenzione era già contenuto nel DM 10 Marzo 1998 "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro" all'art. 6 dell'allegato VI.

A tal proposito si richiama l'attenzione sul fatto che per controllo periodico s'intende:

l'insieme delle operazioni da effettuarsi con frequenza almeno semestrale, per verificare la completa e corretta funzionalità delle attrezzature e degli impianti.

Il D.M. 81 del 9 Aprile 2008 "Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" ha ripreso il concetto della manutenzione all'art. 15 ed all'art. 64:

Art. 15

...la regolare manutenzione di ambienti, attrezzature, impianti con particolare riguardo ai dispositivi di sicurezza in conformità alle indicazioni dei fabbricanti.

Art. 64

Il datore di lavoro provvede affinché gli impianti ed i dispositivi di sicurezza destinati all'eliminazione dei pericoli, vengano sottoposti a regolare manutenzione e controllo del loro funzionamento.

ATTIVITÀ	PERIODICITÀ
QUADRI ELETTRICI	
Controllo funzionalità interruttori differenziali (tramite tasto di prova)	6 mesi
Controllo funzionalità interruttori differenziali (tramite apposita strumentazione)	2 anni
Idoneità al sezionamento dei dispositivi di protezione e comando	1 anno
Controllo serraggio morsetti di collegamento	1 anno
Indagine termografica per il rilevamento delle temperature dei morsetti e dei dispositivi	1 anno
Verifica della continuità delle carpenterie metalliche con l'impianto di messa a terra	5 anni
CAVI ELETTRICI	
Controllo serraggio morsetti elettrici	1 anno
Indagine termografica per il rilevamento delle temperature dei cavi	1 anno
TUBAZIONI RIGIDE E CANALIZZAZIONI	
Verifica stabilità meccanica	2 anni
Verifica rispetto del grado di protezione	1 anno
Verifica della continuità elettrica dei componenti con l'impianto di messa a terra	1 anno
APPARECCHI ILLUMINANTI	
Verifica funzionalità	1 anno
Pulizia ottiche e pulizia dissipatori	1 anno
Verifica della continuità elettrica dei componenti con l'impianto di messa a terra	1 anno

APPARECCHI PER ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA	
Verifica generale	6 mesi
- Presenza apparecchi	6 mesi
- Assenza di ostacoli	6 mesi
- Verifica ostacoli e leggibilità segnali	6 mesi
- Verifica degrado lampade	6 mesi
- Pulizia ottiche e pittogrammi	6 mesi
- Sostituzione pittogrammi danneggiati o degradati	
Verifica funzionalità (intervento)	6 mesi
- Verifica della effettiva condizione di ricarica degli apparecchi autonomi	6 mesi
- Verifica dell'operatività dell'inibizione ove presente	6 mesi
- Verifica della corretta commutazione e dell'effettivo intervento in emergenza di tutti gli apparecchi	6 mesi
- Verifica dell'operatività del pulsante EPO	6 mesi
- Verifica dell'integrità degli apparecchi	6 mesi
Verifica autonomia	1 anno
GRUPPI UPS	
Prove funzionali secondo le indicazioni del Costruttore	Secondo la periodicità indicata dal Costruttore
Verifica continuità con impianto di messa a terra	2 anni
Verifica autonomia e tempi d'intervento	6 mesi
Verifica dell'operatività del pulsante EPO	1 anno

COMANDO DI EMERGENZA	
Verifica funzionalità (compresa funzione EPO o REPO dell'UPS se presente)	1 anno

Tabella 8 - Indicazioni per attività di manutenzione

29. SPECIFICHE TECNICHE E QUALITATIVE PER REALIZZAZIONE IMPIANTO (CONCETTI GENERALI)

29.1. Generalità dei conduttori

La scelta dei cavi deve garantire il superamento di qualsiasi regime di funzionamento prevedibile, sia nominale sia di guasto, sotto tutti i profili tecnici (meccanico, termico, chimico, elettrico, etc.), senza degradamento delle caratteristiche nominali e senza una significativa riduzione dell'aspettativa media statistica di vita. I componenti dovranno comunque avere elevate caratteristiche di comportamento in caso di incendio, come la non propagazione della fiamma, la ridotta emissione di gas e fumi corrosivi, tossici ed opachi. L'attributo minimo previsto è la caratteristica "autoestinguente". A tal scopo i componenti proposti rispondono agli standard più elevati e sono prodotti da primari costruttori.

La sezione minima ammessa è di 1,5 mm² per i conduttori che alimentano apparecchi di potenza, 0,5 mm² per conduttori di segnalazione. Se i cavi non sono posati in tubi, canali o cunicoli tali da assicurare, nei confronti dei cavi stessi, una protezione pari a IP20 se non previsti gradi di protezione superiori per altre prescrizioni Normative, i cavi stessi devono avere particolari requisiti di resistenza meccanica (doppio isolamento). Comunque i percorsi in vista dovranno essere protetti sino a una altezza di 2,5 mt. sul piano di lavoro da adatti schermi o ripari. Sono ammessi tubi, canali, guaine ecc. Il grado di isolamento minimo ammesso per i conduttori, negli impianti di 1 categoria è 300/500 Vca. Per la posa dei conduttori in tubo si possono usare cavi col solo isolamento principale. L'ingresso alle custodie sarà realizzato in modo da conservare in esercizio, per le custodie stesse, il grado normale di protezione meccanica prescritto. (vedere paragrafo successivo). Tutti i conduttori dovranno disporre del marchio IMQ. I conduttori con colore giallo-verde dell'isolamento principale saranno impiegati esclusivamente per conduttori di terra e/o protezione, quelli con colore celeste solo per conduttori di neutro, mentre il colore nero, marrone e grigio si utilizzeranno per i collegamenti di fase.

Per la realizzazione dell'impianto elettrico sono stati utilizzati i seguenti conduttori:

FS17 450/750 Vca - CPR Cca-S3,d1,a3, isolamento in PVC;

FG16OR16 0,6/1kV - CPR Cca-S3,d1,a3, isolamento in EPR.

29.2. Cavi di potenza

a) *Impianto in tubo*

Si devono impiegare cavi flessibili unipolari senza guaina, del tipo FS17 a Norma CEI con conduttori in rame ricotto, non stagnato. Tale tipo di conduttore è adatto per posa fissa entro tubazioni in qualsiasi tipo di ambiente. Non è ammessa la posa di conduttori appartenenti a circuiti di impianti speciali entro lo stesso tubo, salvo che l'isolamento dei cavi sia adatta alla tensione più elevata.

Il raggio minimo di curvatura non deve essere inferiore a 4 volte il diametro esterno del conduttore.

b) *Impianti in canale metallico*

Si devono impiegare cavi flessibili multipolari e/o unipolari con guaina, del tipo FG16OR16 con isolamento in EPR, con conduttori di rame con anime aventi colorazioni normalizzate. Il raggio minimo di curvatura, non deve essere inferiore a 6/8 volte il diametro esterno del cavo.

c) *Impianti in canale metallico e tubo (percorsi misti)*

Prevedere gli stessi cavi descritti ai precedenti punti "a" e "b".

E' facoltà dell'Impresa Installatrice, al momento del passaggio dal canale metallico al tubo, attestare il cavo a una cassetta di derivazione con morsettiera e proseguire nei tubi con cavi unipolari come descritto al punto a.

d) *Impianti in tubazione interrata (esterno opificio)*

Si devono impiegare cavi flessibili multipolari e/o unipolari con guaina, del tipo FG7OR con isolamento in EPR, con conduttori di rame con anime aventi colorazioni normalizzate.

Il raggio minimo di curvatura, non deve essere inferiore a 6/8 volte il diametro esterno del cavo.

29.3. Tipi di posa Cavi di potenza

a) *Impianto in tubo*

Il diametro interno dei condotti utilizzati deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti. Il diametro della conduttura deve permettere la massima sfilabilità dei conduttori senza che questi subiscano dei danneggiamenti.

b) *Impianti in canale metallico*

Per la posa in canaline i cavi devono essere sistemati paralleli, ben distesi, e separati tra di loro in riferimento ai diversi sistemi. Nei tratti verticali devono essere inoltre fissati con appositi morsetti di serraggio. Di norma i cavi devono essere posati su di un unico strato, è consentita la posa su un massimo di due strati purchè se ne sia tenuto conto nel calcolo del dimensionamento. Il riempimento

massimo del canale non deve comunque superare il 50% della sezione utile. Per l'individuazione sicura e facile dei cavi, sia nel percorso in canale sia in tubo, si devono applicare apposite targhe fascettate ai cavi all'uscita del quadro elettrico generale "QEG" sulla morsettiera distributrice. Gli stessi (i cavi) devono essere opportunamente intestati con capicorda o puntalini del tipo a compressione.

29.4. Generalità tubazioni

Le tubazioni e i loro accessori saranno in PVC autoestinguente di tipo pesante, flessibili se poste a incasso nelle murature, rigide se poste a vista, corrugate e con elevata resistenza meccanica allo schiacciamento se interrate, esse disporranno del marchio IMQ. Le tubazioni saranno raccordate con adeguati accessori, atti a mantenere inalterato il grado di protezione meccanica minimo previsto per i conduttori. Ove necessario l'utilizzo di tubazioni flessibili esse realizzeranno, nei confronti delle condutture lo stesso grado di protezione meccanica delle tubazioni rigide. All'interno delle nuove condutture sarà lasciato un margine libero di scorta pari al 30% del fascio circoscritto dei conduttori ivi contenuti; mentre per canalizzazioni la sezione occupata dei cavi non deve superare il 50% della sezione della canalizzazione stessa.

29.5. Tubazioni isolanti in PVC del tipo rigido

Sarà della serie pesante con grado di compressione minimo di 750 N conforme alle tabelle UNEL e alle Norme CEI e provvisto di marchio italiano di qualità. Potrà essere impiegato per la posa a pavimento (annegato nel massetto) e ricoperto da almeno 15mm di malta di cemento, oppure in vista (a parete), a soffitto, nel controsoffitto o sotto il pavimento sopraelevato. Non è ammessa la posa interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) o in vista in altre posizioni dove possa essere soggetto ad urti, danneggiamenti etc., (ad esempio ad una altezza da pavimento finito inferiore a 1,5 m). Le giunzioni e i cambiamenti di direzione dei tubi potranno essere ottenuti sia impiegando rispettivamente manicotti e curve con estremità a bicchiere conformi alle citate Norme e tabelle. Sarà anche possibile eseguire i manicotti e le curve a caldo sul posto di posa. Nel caso sia adottato il secondo metodo le giunzioni dovranno essere eseguite in modo che le estremità siano sovrapposte per un tratto pari a circa 1-2 volte il diametro nominale del tubo e le curve in modo che il raggio di curvatura sia compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo. Nella posa in vista la distanza fra i due punti di fissaggio successivi non dovrà essere superiore a 1mt, in ogni caso i tubi devono essere fissati in prossimità di ogni giunzione e sia prima sia dopo ogni cambiamento di direzione. In questo tipo di posa, per il fissaggio saranno impiegati collari singoli in materiale isolante, oppure morsetti in materiale isolante sempre serrati con viti (i tipi con serraggio a scatto sono ammessi all'interno di

controsoffitti, sotto pavimenti sopraelevati, in cunicoli o analoghi luoghi protetti). Collari e morsetti dovranno essere ancorati a parete o a soffitto mediante chiodi a sparo o viti e tasselli di plastica. Nei locali umidi o bagnati e all'esterno, degli accessori di fissaggio descritti potranno essere impiegati solo quelli in materiale isolante, le viti dovranno essere in acciaio nichelato o in ottone. Negli ambienti a maggior rischio d'incendio Norma CEI 64-8/7 le tubazioni devono resistere alla prova del filo incandescente a 850 °C e devono essere a bassa emissione di fumi opachi e gas tossici se posati in vista.

29.6. Tubazioni isolanti in PVC del tipo pieghevole

Sarà conforme alle norme CEI e alle tabelle UNEL in materiale autoestinguente, sarà provvisto di marchio italiano di qualità. Sarà impiegato esclusivamente per la posa sottotraccia a parete o a soffitto curando che in tutti i punti risulti ricoperto da almeno 20 mm di intonaco oppure entro pareti prefabbricate del tipo a sandwich. Non potrà essere impiegato nella posa in vista, o interrata e così pure non potranno essere eseguite giunzioni se non in corrispondenza di scatole o di cassette di derivazione. I cambiamenti di direzione dovranno essere eseguiti con curve ampie (raggio di curvatura compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo). Avrà una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N secondo quanto previsto dalle Norme CEI.

29.7. Raccordo flessibile con spirale in PVC (Guaina)

Sarà in materiale autoestinguente e costituito da un tubo di plastica morbida, internamente liscio rinforzato da una spirale di sostegno in PVC. La spirale dovrà avere caratteristiche (passo dell'elica, rigidità etc.) tali da garantire l'inalterabilità della sezione anche per il raggio minimo di curvatura e il ritorno alla sezione originale in caso di schiacciamento. Il campo di temperatura di impiego dovrà estendersi da -15 °C a + 70 °C. Per il collegamento a tubi di altro tipo, canaletti, cassette di derivazione o di morsettiere dei motori, contenitori etc., dovranno essere impiegati esclusivamente raccordi previsti allo scopo dal costruttore e costituiti da: coro (del raccordo), anello di tenuta, ghiera filettata di serraggio, controdado o manicotto filettato a seconda se il collegamento è con cassette, canaletti o contenitori oppure con tubi filettati. Le estremità dei tubi flessibili non dovranno essere bloccate con raccordi del tipo a clips serrate con viti. Non è ammesso l'impiego di questo tipo di tubo all'interno dei locali con pericolo di esplosione o incendio. Avrà una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 350 N secondo quanto prescritto dalle Norme CEI. Negli ambienti a maggior rischio in caso d'incendio Norma CEI 64-8/7 le tubazioni devono resistere alla prova del filo incandescente a 850 °C e devono essere a bassa emissione di fumi opachi e gas tossici se posati in vista.

29.8. Impianto di protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti è realizzata mediante il coordinamento tra interruttore differenziale e il valore della resistenza dei conduttori di protezione, del conduttore di terra e del sistema disperdente.

Tale protezione è da ritenersi una misura addizionale contro i contatti diretti, in caso di insuccesso delle altre misure adottate.

Trattandosi quindi di un sistema TT la protezione dai contatti indiretti è garantita se:

$$R_a \cdot I_{dn}$$

R_a = Resistenza di terra. (*);

I_{dn} = Valore della corrente di intervento del dispositivo differenziale (A).

29.9. Impianto di protezione contro i contatti diretti

Nell'attività in oggetto non dovranno esservi parti normalmente in tensione accessibili, normalmente la protezione contro i contatti diretti dovrà essere realizzata per tutto il fabbricato impiegando schermature alle parti normalmente in tensione con grado di protezione meccanica non inferiore a IP2X, se non previsti gradi di protezione superiori per altre prescrizioni Normative. Tale protezione si ottiene prevedendo innanzitutto adeguati isolamenti per tutte le parti in tensione, compresi i servizi ausiliari (segnalazioni, telefoni, ecc.) e racchiudendo le parti attive degli impianti, nonché le giunzioni e morsettiere, entro custodie involucri dei quadri elettrici, scatole di derivazione, custodie interruttori e prese, etc.

29.10. Quadri elettrici

Il dimensionamento delle apparecchiature deve garantire il superamento di qualsiasi regime di funzionamento prevedibile, sia nominale sia di guasto, sotto tutti i profili tecnici (meccanico, elettrico, termico, chimico, etc.), senza degradamento delle caratteristiche nominali. I componenti devono avere elevate caratteristiche di comportamento in caso d'incendio, come la non propagazione della fiamma, la ridotta emissione di gas e fumi corrosivi, tossici ed opachi. L'attributo minimo richiesto è la caratteristica "autoestinguente". Le chiusure devono essere asportabili e fissate con viti incassate e, se di dimensioni e/o peso notevoli, munite di idonee patte di sostegno per facilitarne il montaggio. Le porte e le portelle devono essere montate su cerniere e dotate di chiusura a chiavistello, con serratura a chiave triangolare avente le seguenti caratteristiche: diametro del cerchio circoscritto al foro triangolare equilatero 8 mm, diametro esterno del cilindro alloggiante il foro triangolare 12 mm. La

temperatura aria ambiente interna al quadro raggiunta con tutti i componenti a regime nominale (con particolare riguardo alle apparecchiature di interruzione e/o manovra), non deve eccedere di 10 °C quella dell'aria ambiente esterna al quadro stesso. I parametri nominali di tutti i componenti devono essere riferiti alla loro effettiva temperatura di funzionamento, così come definiti dal costruttore dei componenti stessi. Ogni quadro e ogni singolo componente montato all'interno o sul fronte, deve essere contrassegnato da targhetta indicatrice dedicata e riportante il codice di riferimento univoco indicato sui relativi schemi. I componenti accessibili dal fronte quadro (organi di manovra ed/od interruzione, strumentazione, etc.) devono essere dotati di doppia targhetatura: una interna al quadro riportante il codice di riferimento con gli schemi, ed una esterna riportante la dicitura funzionale. La targhetatura deve essere realizzata con porta targhetta, avvitato o rivettato (è vietata l'adesività e l'incollatura), alloggiante la targhetta dedicata. I quadri porteranno sulla parte superiore del fronte la dicitura di denominazione, con targhe di altezza non inferiore a 50 mm. I collegamenti di potenza devono avere il contrassegno della fase di appartenenza o della funzione di neutro o terra (L1 – L2 – L3 – N – PE) per mezzo di idonee fascettature. I collegamenti ausiliari devono essere muniti di anelli di identificazione sfilabili, riportanti la numerazione dei relativi schemi sia in corrispondenza delle apparecchiature sia in corrispondenza dei morsetti, oltre a quanto sopra dal lato del morsetto, saranno aggiunti i numeri del morsetto a cui i conduttori si collegano.

30. CARATTERISTICHE E PRESCRIZIONI ADOTTATE PER PROTEZIONE IMPIANTO E PERSONE

30.1. Tensione nominale del cavo

La tensione nominale del cavo non deve essere in nessun caso minore della tensione d'esercizio dell'impianto, pertanto con una tensione d'esercizio di 230/400 V è stato scelto un cavo con tensione nominale 450/750V denominato FS17 nella formazione unipolare, oltrechè con tensione nominale 0.6/1kV denominato FG16OR16 nella formazione multipolare.

30.2. Portata e sezione del cavo

La sezione del cavo è stata scelta in modo che la portata del cavo I_z sia in ogni caso maggiore o uguale alla corrente nominale I_n dell'interruttore magnetotermico. La portata è inoltre condizionata dalla temperatura ambiente, la quale può essere notevolmente alterata dalla presenza di altri cavi nella stessa canalizzazione, oppure dalla vicinanza di tubazioni calde. Nel rispetto quindi dei concetti riportati nel paragrafo di cui sopra tutte le condutture (linee elettriche di potenza) sono protette dalle

sovracorrenti, le quali si contraddistinguono in due modi, correnti di sovraccarico e correnti di cortocircuito. La protezione è stata realizzata mediante interruttori automatici magnetotermici.

I parametri considerati ai fini del coordinamento cavo - dispositivo di protezione sono stati i seguenti:

- corrente di impiego I_b ;
- portata della conduttura I_z ;
- corrente nominale I_n del dispositivo di protezione;
- potere di interruzione I_{cn} del dispositivo di protezione ;
- corrente di intervento I_f del dispositivo di protezione ;
- integrale di Joule (I^2t) del dispositivo di protezione ;
- integrale di Joule (K^2S^2) sopportabile dal cavo .

(essendo S la sezione del conduttore e K un coefficiente che tiene conto del materiale conduttore e della natura dell'isolante).

Di seguito sono riportate le analisi di ogni tipo di problematica.

30.3. Protezione contro il sovraccarico

Per ottenere tale tipo di protezione è stato installato in ogni circuito del quadro elettrico un dispositivo di protezione del tipo magnetotermico a intervento automatico. La protezione è assicurata se sono sempre soddisfatte le seguenti relazioni:

$$1) I_b \leq I_n \leq I_z \qquad 2) I_f \leq 1,45 I_z$$

I_b = Corrente di impiego (A);

I_n = Corrente nominale (A);

I_z = Portata del cavo(A);

I_f = Corrente convenzionale di funzionamento dell'interruttore (A).

Con la relazione 1) si vuole garantire il funzionamento del sistema in condizioni normali ($I_b \leq I_n$), evitando di far funzionare il circuito in condizioni di sovraccarico ($I_n \leq I_z$).

La relazione 2) è necessaria al fine di non permettere sovraccarichi troppo elevati alle condutture, ma allo stesso tempo di non interrompere il circuito per lievi e brevi sovraccarichi occasionali.

Per gli interruttori automatici I_f è sempre inferiore o uguale a $1,45 I_n$, e pertanto la 2) è sempre soddisfatta quando è soddisfatta la 1).

La protezione contro i sovraccarichi si traduce di conseguenza, nello scegliere I_n entro i due limiti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

30.4. Protezione contro il corto-circuito

Per ottenere invece tale tipo di protezione è stato verificato che il potere di interruzione (P.I.) degli interruttori magnetotermici il quale risulta essere almeno uguale alla corrente di corto-circuito (I_{cc}) calcolata nel punto considerato:

P.I. I_{cc} dove:

$I_k = 15.0 \text{ kA}$ per gli interruttori quadripolari;

$I_k = 4.5 \text{ kA}$ per gli interruttori monofasi;

Tali caratteristiche sono garantite dal fatto che l'alimentazione elettrica è direttamente in Bassa Tensione come anche disposto dalla norma CEI 0-21 V3. Il tempo di intervento delle protezioni è inferiore rispetto a quello che porterebbe la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile per corto circuiti che si verificassero in un punto qualsiasi della linea protetta, cioè che:

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

$I^2 t$ =Valore dell'integrale di joule, ossia la quantità di energia specifica che si trasforma in calore durante il corto circuito (A²s) (tale valore si deduce dalla curva caratteristica dell'interruttore, in corrispondenza della corrente di corto circuito);

K =Coefficiente che dipende dal tipo di isolamento dei conduttori;

S =Sezione della linea (mm²).

La protezione quindi è assicurata quando sono verificate entrambe le condizioni sopra elencate, in cui:

- 1) il dispositivo di protezione presenta un potere di interruzione I_{cn} non inferiore al massimo valore della corrente di cortocircuito presunta che si può verificare nel punto di installazione.
- 2) il dispositivo di protezione interviene per cortocircuiti che si possono verificare in ogni punto della condotta in modo che sia verificata la relazione : $I^2 t \leq K^2 S^2$.

Le due condizioni richiedono la determinazione del valore massimo e del valore minimo della corrente di cortocircuito;

pertanto nei sistemi trifasi:

- I_{kmin} è la corrente di cortocircuito al termine della condotta tra fase e fase se il neutro non è distribuito, oppure tra fase e neutro se questo è distribuito.
- I_{kmax} è la corrente di cortocircuito trifase all'inizio della linea.

30.5. Verifica caduta di tensione

Per il loro corretto funzionamento gli utilizzatori devono funzionare al valore della tensione nominale per il quale sono previsti. Nell' impianto preso in esame in questo progetto, la caduta di tensione non risulta mai superiore al 4% (cfr. schemi unifilari quadri elettrici e calcoli di verifica).

Il valore della caduta di tensione al termine della linea è stato verificato- mediante l'uso delle seguenti relazioni:

linee monofasi : $\Delta U = 2 \times I \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$

linee trifasi : $\Delta U = \sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$

dove:

*V = Caduta di tensione lungo la linea (Volt);

L = Lunghezza della linea (km);

* = Angolo di sfasamento tra tensione e corrente;

Rc = Resistenza equivalente del cavo;

Xc = Reattanza equivalente del cavo;

I = Corrente nominale d'utilizzo (A) L - lunghezza della linea (m)

per passare al valore percentuale:

$\Delta U\% = \Delta U \times 100 / U$

30.6. Protezione contro i contatti diretti

Le misure di protezione contro i contatti diretti comprendono tutti gli accorgimenti necessari a proteggere le persone contro il pericolo derivante dal contatto con parti attive normalmente in tensione. I sistemi di protezione previsti comprendono misure quali l'isolamento, l'impiego di involucri e barriere, di ostacoli e distanziamenti ed inoltre metodi particolari quali la limitazione della corrente e della carica elettrica.

30.7. Isolamento

L'isolamento delle parti attive è l'elemento base per la sicurezza. I componenti, quali i cavi, condotti prefabbricati, organi di manovra e comando, apparecchiature e macchine, soddisfano le norme specifiche che ne dettano i criteri di costruzione. L'isolante è possibile rimuoverlo solo mediante distruzione e presenta caratteristiche di resistenza ad agenti meccanici, chimici, termici, elettrici ed atmosferici. Gli isolanti rispondono a precise condizioni quali il valore di tensione a cui il componente

funziona, il grado di resistenza meccanica, la temperatura di funzionamento, la resistenza agli agenti chimici più o meno corrosivi ed agli agenti atmosferici.

30.8. Involucri e barriere

Gli involucri sono quelle parti che assicurano la protezione di un componente elettrico contro determinati agenti esterni e, in ogni direzione, contro i contatti diretti. Le barriere sono parti che assicurano la protezione contro i contatti diretti nelle direzioni abituali di accesso le quali possono essere rimosse. I coperchi, le ante, i ripari al fine di mantenere invariata la loro validità antinfortunistica contro i contatti diretti offrono opportunità di apertura o rimozione solo tramite l'impiego di una chiave o mediante un attrezzo. Il grado di protezione antinfortunistica delle barriere e degli involucri deve essere almeno IPXXB (per barriere orizzontali a portata di mano il grado deve essere IPXXD).

30.9. Protezione addizionale mediante interruttori differenziali

L'uso degli interruttori differenziali con corrente differenziale nominale d'intervento non superiore a 30 mA è considerato dalle Norme CEI 64-8 un metodo addizionale per la protezione contro i contatti diretti; pertanto i circuiti di illuminazione e forza motrice sono protetti da interruttori differenziali aventi $I_{dn} = 30 \text{ mA}$.

30.10. Protezione contro i contatti indiretti

Essendo l'impianto di tipo T-T il sistema prevede il collegamento del neutro direttamente a terra da parte dell'ente erogatore, e le masse connesse ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del neutro, mediante un conduttore di protezione PE. Il circuito percorso dall'eventuale corrente di guasto risulta pertanto costituito da conduttori metallici. Il conduttore neutro, i conduttori di protezione (denominati CP) e la massa interessata dal guasto sono metallicamente interconnessi; di conseguenza l'impedenza totale che caratterizza questo circuito relativamente bassa. Il terreno può essere interessato dalla corrente di terra soltanto entrando in contatto diretto o indiretto con un conduttore attivo; in questo caso la corrente seguirà il percorso di minor resistenza fino al conduttore più vicino dell'impianto di terra. Per i sistemi T-T deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$R_a \times I_{dn} \leq 50$$

dove:

R_a = è la somma della resistenza di terra dell'impianto dispersore e dei conduttori di terra e delle loro connessioni

I_{dn} = corrente che provoca l'intervento dell'interruttore differenziale:

50 = soglia di sicurezza in tensione

31. CONCLUSIONI

Come si può evincere dall'analisi della struttura dei quadri elettrici, i carichi sono stati il più possibile suddivisi e protetti singolarmente da interruttori automatici. Questo tipo di soluzione permette di raggiungere un elevato livello di selettività orizzontale tra i vari carichi, quindi la massima continuità di servizio nonché la massima sicurezza nella gestione della manutenzione. Difatti nel caso si verifichi l'intervento di una delle protezioni su un carico qualsiasi, ciò non pregiudicherebbe il regolare funzionamento di altri carichi. Tale concetto di selettività riguarda non solo l'alimentazione dei carichi appena descritti ma sarà anche esteso all'alimentazione elettrica dei vari sottoquadri partendo dal quadro elettrico generale "QEG" garantendo così una selettività del tipo verticale sui vari rami di impianto. Tutte le relazioni, consultabili ed ampiamente descritte precedentemente sono verificate, infatti:

- Verifica dal sovraccarico (OK);
- Verifica dal corto-circuito (OK);
- Verifica della caduta di tensione (OK);
- Verifica dai contatti diretti ottenuta tramite isolanti delle apparecchiature (OK).

In base all'esito delle verifiche e delle misure descritte invece si conclude che:

- sono state applicate tutte le normative vigenti (norme CEI 64-8, 23-51, 11-1, etc.);
- l'impianto elettrico è perfettamente funzionante e coordinato con l'impianto di terra realizzato;
- è stata realizzata correttamente l'equalizzazione del potenziale collegando tutte le masse estranee presenti all'impianto disperdente di terra.

In virtù di tutto quanto verificato si dichiara che l'impianto elettrico è rispondente alle norme CEI vigenti tenuto conto delle condizioni di esercizio e dell'uso a cui è destinata. Tutto quanto affermato sopra è valido sempre che nell'impianto non vengono apportate modifiche, e si declina ogni responsabilità per sinistri a persone o a cose, derivanti da manomissioni dell'impianto da parte di terzi

ovvero da carenze di manutenzione volta a mantenere in efficienza tutte le apparecchiature elettriche installate in data successiva a quella di emissione della presente dichiarazione.

A tal proposito si allegano alcune istruzioni utili per l'utente.

ISTRUZIONI

L'impianto elettrico in oggetto è conforme alla norma CEI 64-8 e quindi è sicuro nei confronti dei "danni che possono derivare dall'utilizzo degli impianti elettrici nelle condizioni che possono essere ragionevolmente previste", come indicato all'art. 131.1 della norma stessa. Ciò implica che l'utente deve evitare, per la propria sicurezza, un uso improprio dell'impianto elettrico, ad esempio lasciare aperti quadri elettrici con parti in tensione accessibili. L'utente deve inoltre rivolgersi ad una impresa installatrice abilitata per qualsiasi alterazione, visiva, dell'impianto elettrico, come ad esempio isolamenti danneggiati, cavi di colore giallo-verde interrotti o distaccati, interventi troppo frequenti di un interruttore differenziale. L' interruttore differenziale inoltre ha un tasto di prova che deve essere premuto dall'utente, per garantire il corretto funzionamento, almeno una volta al mese (salvo diversa indicazione del costruttore). * Il titolare dell'attività deve quindi richiedere il controllo periodico di una impresa installatrice abilitata, si consiglia almeno ogni cinque anni, per accertare, mediante opportune verifiche e prove, l'effettivo stato di manutenzione dell'impianto elettrico, e provvedere a ristabilire con eventuali interventi mirati il necessario livello di sicurezza.

* Tale funzione può essere svolta da un dispositivo di controllo automatico.