

# COMUNE DI TISSI

PROVINCIA DI SASSARI

**LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE E MESSA IN SICUREZZA  
SCUOLA PRIMARIA E SECONDARIA DI PRIMO GRADO.  
PROGETTO ISCOLA@ - ASSE II "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA  
E MANUTENZIONE DEGLI EDIFICI SCOLASTICI"  
CUP C7116000150006**

PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE TECNICO SPECIALISTICA:  
IMPIANTI IDRICO-SANITARIO, CONDIZIONAMENTO, ELETTRICO**

13

DATA APRILE 2017

Il Progettista  
**ING. BARBARA MANOS**  
Viale Italia 31  
07100 Sassari

Il Responsabile del procedimento  
**Geom. Sandra Manca**

**COMUNE DI TISSI**  
**PROVINCIA DI SASSARI**

## **PROGETTO ESECUTIVO**

**LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE E MESSA IN SICUREZZA**  
**SCUOLA PRIMARIA E SECONDARIA DI PRIMO GRADO.**  
**PROGETTO ISCOLA@ - ASSE II "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E**  
**MANUTENZIONE DEGLI EDIFICI SCOLASTICI"**  
**CUP C7116000150006**

### **RELAZIONI SPECIALISTICHE** **OPERE IMPIANTISTICHE**

**IMPIANTO IDRICO SANITARIO, IMPIANTO RISCALDAMENTO, IMPIANTO ELETTRICO**

#### **1. IMPIANTO IDRICO-SANITARIO**

E' previsto la rimozione del vecchio impianto e il rifacimento completo degli impianti interni dei corpi bagni 3, 4, della bidelleria e deposito ubicati al piano rialzato, dei corpi bagni 1 e 2 ubicati al piano primo. Le colonne di scarico e ventilazione saranno realizzate ex novo anche nei tratti ubicati negli altri piani.

L'impianto di distribuzione dell'acqua calda e fredda sarà realizzato mediante tubazioni in rame (coibentate quelle dell'acqua calda e del ricircolo e rivestite con barriera vapore quelle dell'acqua fredda) che alimenteranno i singoli terminali (lavabi, WC, vaschette, cassette di scarico, ecc.) a partire da collettori idrici dotati di valvole di intercettazione poste su ogni singola derivazione. I collettori saranno quindi alimentati dalla centrale di produzione dell'acqua calda (boyler) e dall'autoclave dell'acqua fredda tramite tubazioni in rame coibentato con spessori maggiori (zona B secondo DPR 412/93). Lo stacco per la realizzazione delle reti di distribuzione avverrà dalla rete esistente, così come indicato negli elaborati esecutivi di progetto. Il calcolo delle tubazioni è stato eseguito considerando una portata di 0.10+0.10 l/s (C+F) per i lavabi, 0.10 l/s per i WC. A tutte queste utenze è stato assegnato un fattore di contemporaneità 0.7 per garantire adeguate portate d'acqua calda e fredda anche nelle condizioni di maggior utilizzo. I diametri delle tubazioni consentiranno di mantenere la velocità dell'acqua entro 1m/s nei tratti derivati dal collettore ed entro 1.5 m/s nelle tubazioni di adduzione ai collettori dalla centrale.

L'impianto di scarico delle acque nere sarà realizzato con tubazioni in polietilene alta densità di vario diametro (DN 40 per gli scarichi dei singoli lavabi, DN 50 per gli scarichi delle singole docce e dei lavelli). I singoli scarichi saranno convogliati in collettori di vario diametro che correranno sotto pavimento. Le tubazioni in PEHD saranno saldate testa a testa e i collettori saranno ventilati tramite apposite colonne verticali sfocianti sopra la copertura o come indicato nei disegni esecutivi di progetto. I diametri impiegati per i tratti orizzontali sono stati maggiorati proprio per rendere minimo il rischio di intasamento. La pendenza dei collettori sarà dell'1.5%. In ogni collettore orizzontale, prima del collegamento al collettore principale esterno in PVC pesante 303/1 DN 160, sarà inserito un pozzetto con un sifone "Firenze" dotato di tappi di ispezione.

Le colonne di scarico e di adduzione dei corpi oggetto di ristrutturazione saranno completamente rifatte laddove sono presenti perdite, o insufficienti per garantire le portate richieste, o inadatte per la realizzazione dei collegamenti previsti in progetto.

Tutti i bagni saranno dotati di pozzetto a pavimento e pvc con tubazione di scarico DN 50 secondo quanto indicato nelle tavole di progetto

L'acqua calda sanitaria sarà prodotta da boiler ciascuno installato nei relativi bagni previsti nel progetto e nella bidelleria e deposito ubicati al piano rialzato.

## **2. IMPIANTO DI RISCALDAMENTO**

L'impianto di riscaldamento dei corpi bagni oggetto di ristrutturazione (piano rialzato e piano primo) sarà realizzato ex novo intercettando la rete dorsale di mandata e ritorno esistente, direttamente dalle tubazioni per il piano rialzato, dalla dorsale a pavimento o dal collettore più vicino per il piano primo.

La lavorazione comprende l'intercettazione delle tubazioni dorsali di riscaldamento esistenti poste a soffitto, mediante taglio delle stesse e realizzazione del giunto di collegamento con le nuove tubazioni di mandata e ritorno; saranno realizzati i giunti di collegamento acciaio-rame, anche mediante raccordi a freddo in bronzo o raccordi di tipo filettato, comunque conformi alle norme UNI EN 1254-4, UNI 7129, UNI 9860. Sarà altresì installato apposito giunto dielettrico interposto fra le tubazioni della rete dorsale esistente e le nuove tubazioni in rame.

Le nuove calate dalla dorsale (lunghezza circa 3.50 metri) saranno sfilate entro cavedio all'uopo predisposto e realizzate con tubazioni in rame DN 25/22x1 con guaina in PVC e con tubo in elastomero (0.04 W/m\*K) a celle chiuse con superficie esterna liscia e funzione di barriera al vapore; la classe di reazione al fuoco dei rivestimenti delle tubazioni, aventi spessore adatto e conforme al DPR 412/93, sarà pari ad 1.

## **Bagni piano rialzato**

L'intercettazione della rete di riscaldamento esistente e il collegamento al nuovo collettore complanare come precedentemente indicato. Il nuovo tratto di collegamento fra la rete esistente e il nuovo collettore avrà diametro di 1" o equivalente in rame; è compreso il taglio della rete di distribuzione esistente al fine di poter installare i raccordi, i pezzi speciali e quant'altro occorre per realizzare il nuovo stacco di derivazione a "T" per il collettore (piano rialzato). Le tubazioni dovranno essere convenientemente protette dagli agenti esterni in relazione alla loro posizione ed al grado di isolamento prescritto, così come indicato nelle tavole di progetto allegate. Dovranno essere rivestite con guaina isolante in materiale sintetico espanso classificato autoestinguente, spessore dell'isolante conforme alla normativa vigente (tabella "B" del d.P.R. 26 agosto 1993, n. 412), giunzioni con raccordi meccanici o a saldare, comprensive di pezzi speciali e materiale per la realizzazione dei giunti. Saranno fornite in tubi del tipo normale o pesante (con spessori maggiorati) ed avranno raccordi filettati, saldati o misti. La curvatura dei tubi potrà essere fatta manualmente o con macchine piegatrici (oltre i 20 mm. di diametro). I tubi incruditi andranno riscaldati ad una temperatura di 600 °C prima della piegatura. Il fissaggio dovrà essere eseguito con supporti in rame. Le saldature verranno effettuate con fili saldanti in leghe di rame, zinco e argento. I raccordi potranno essere filettati, misti (nel caso di collegamenti con tubazioni di acciaio o altri materiali) o saldati. Nel caso di saldature, queste dovranno essere eseguite in modo capillare dopo il riscaldamento del raccordo e la spalmatura del decapante e risultare perfettamente uniformi. L'isolamento delle tubazioni dovrà avvenire con l'ausilio di tutti i materiali necessari, tipo colla, mastici, nastri adesivi, collarini, ecc.... ; l'isolamento non dovrà in nessun modo essere interrotto soprattutto in corrispondenza di collari di sostegno, supporti e staffe. Tutti i rivestimenti dovranno garantire l'assoluta continuità dell'isolamento. La rete di distribuzione sotto traccia, sarà realizzata con tubo di rame ricotto UNI 6507/69 serie B (pesante) per il collegamento collettore – corpi scaldanti. Tutti i collegamenti delle tubazioni di rame dovranno essere forniti di raccordi in ottone necessari per la loro unione al tubo, quali ogive di tenuta, dadi stringitubo e anime di rinforzo. La posa in opera delle tubazioni dovrà essere eseguita a regola d'arte, evitando qualsiasi trasmissione di rumori e vibrazioni alle strutture; inoltre dovranno essere libere di eseguire le dilatazioni termiche. Ogni tratto di tubazione sarà coibentato per limitare le perdite di calore secondo quanto prescritto dal D.P.R. 412 del 26/08/93 e s.m.i, compreso il collettore complanare a cui andranno collegati i nuovi corpi scaldanti. Tutti i tratti di nuova realizzazione saranno in rame DN 10 nel collegamento fra collettore e corpi scaldanti.

I corpi scaldanti saranno in alluminio pressofuso del tipo alettato, modulare in batteria fino al raggiungimento delle dimensioni indicate negli elaborati grafici, a bassa inerzia termica e con Pressione Nominale: 16 bar, Pressione Collaudo (100% Produzione): 24 bar e Pressione Scoppio: 60 bar, colore RAL a scelta delle D.L. Interasse 80 cm, altezza 79 cm, profondità: 9,5 cm, potenza radiante 164 w/elem. Saranno completi di valvola di sfiato automatica, diaframmi e tappi di chiusura, guarnizioni, riduzioni, valvole e detentori di seguito descritti. I radiatori saranno montati a parete con apposite mensole ad avvitare o murare, secondo le indicazioni della D.L.

Le valvole dovranno essere del tipo *termostatizzabile* e, come i detentori, devono essere dotate di filettatura standard lato impianto e predisposte alla connessione con tubo in rame. Il funzionamento e le caratteristiche idrauliche e le perdite di carico delle valvole e dei detentori devono essere rilevabili sui diagrammi presenti nella scheda tecnica che l'impresa avrà l'onere di fornire prima dell'installazione. Le valvole devono essere installate nel sistema rispettando, dove presente, il verso della freccia direzionale stampata sul corpo delle stesse. Le valvole sono previste in ottone nichelato con cappelletto di regolazione, adatto per valvole termostatizzabili, in polimero, complete di guarnizioni di tenuta in elastomero etilene-propilene ed elastomero nitrile, volantino in ABS antiurto, attacco ingresso tipo M Standard filettato e attacco uscita tipo M UNI-EN-ISO 228, con temperatura massima di esercizio pari a 110°C, pressione massima di esercizio pari a 1000 KPa per acqua, e acqua più glicole al 50%.

I collettori dovranno essere forniti e installati con numero di attacchi adeguato all'impianto e all'installazione, posizionati dentro apposita cassetta di ispezione da incasso con portina di chiusura alettata.

Il collettore sarà del tipo complanare fuso in monoblocco con attacchi bilaterali, corpo in ottone, attacchi principali 1" F (ISO 228-1), attacchi derivazioni 23 p.1,5 M - Ø 18 mm, interasse principale 60 mm, interasse derivazioni 40 mm, per fluidi d'impiego costituiti da acqua e soluzioni glicolate con massima percentuale di glicole pari al 30%, pressione massima d'esercizio pari a 10 bar, campo di temperatura -10÷110°C. Sarà fornito di coibentazione preformata a caldo in PE-X espanso a celle chiuse, campo di temperatura con coibentazione 0÷100°C, anche negli attacchi di testata delle valvole automatiche di sfogo aria. I giunti e le guarnizioni dovranno essere adatti per le pressioni e le temperature di esercizio previste. Le giunture delle tubazioni di collegamento tra i generatori ed i collettori saranno effettuate tramite saldature; le superfici da saldarsi dovranno essere accuratamente pulite ed egualmente distanziate lungo la circonferenza dei tubi prima della saldatura.

Le opere murarie per la realizzazione del vano/colonna consistono nella realizzazione della chiusura con fodera in laterizio per tutta l'altezza della parete.

### **Bagni del Piano Primo**

Le forniture e lavorazioni previste per i bagni del primo piano consistono nell'intercettazione della rete di riscaldamento esistente in corrispondenza delle diramazioni che alimentano i termosifoni esistenti, la modifica (lunghezza e posizione) delle stesse fino ai nuovi punti di installazione dei nuovi corpi radianti, come indicato nelle tavole di progetto. Il nuovo tratto di collegamento sarà realizzato con tubi di rame del diametro uguale al tratto esistente da modificare.

Le tubazioni dovranno essere convenientemente protette dagli agenti esterni in relazione alla loro posizione ed al grado di isolamento prescritto, così come indicato nelle tavole di progetto allegate. Dovranno essere rivestite con guaina isolante in materiale sintetico espanso classificato autoestinguente, spessore dell'isolante conforme alla normativa vigente (tabella "B" del d.P.R. 26 agosto 1993, n. 412), giunzioni con raccordi meccanici o a saldare, comprensive di pezzi speciali e materiale per la realizzazione dei giunti. Saranno fornite in tubi del tipo normale o pesante (con spessori maggiorati) ed avranno raccordi filettati, saldati o misti. La curvatura dei tubi potrà essere fatta manualmente o con macchine piegatrici (oltre i 20 mm. di diametro). I tubi incruditi andranno riscaldati ad una temperatura di 600 °C prima della piegatura. Il fissaggio dovrà essere eseguito con supporti in rame. Le saldature verranno effettuate con fili saldanti in leghe di rame, zinco e argento. I raccordi potranno essere filettati, misti (nel caso di collegamenti con tubazioni di acciaio o altri materiali) o saldati. Nel caso di saldature, queste dovranno essere eseguite in modo capillare dopo il riscaldamento del raccordo e la spalmatura del decapante e risultare perfettamente uniformi. L'isolamento delle tubazioni dovrà avvenire con l'ausilio di tutti i materiali necessari, tipo colla, mastici, nastri adesivi, collarini, ecc.... ; l'isolamento non dovrà in nessun modo essere interrotto soprattutto in corrispondenza di collari di sostegno, supporti e staffe. Tutti i rivestimenti dovranno garantire l'assoluta continuità dell'isolamento. La rete di distribuzione sotto traccia, sarà realizzata con tubo di rame ricotto UNI 6507/69 serie B (pesante) per il collegamento collettore – corpi scaldanti. Tutti i collegamenti delle tubazioni di rame dovranno essere forniti di raccordi in ottone necessari per la loro unione al tubo, quali ogive di tenuta, dadi stringitubo e anime di rinforzo. La posa in opera delle tubazioni dovrà essere eseguita a regola d'arte, evitando qualsiasi trasmissione di rumori e vibrazioni alle strutture; inoltre dovranno essere libere di eseguire le dilatazioni termiche. Ogni tratto di tubazione sarà coibentato per limitare le perdite di calore secondo quanto prescritto dal D.P.R. 412 del 26/08/93 e s.m.i, compreso il collettore complanare a cui andranno collegati i nuovi corpi

scaldanti. Tutti i tratti di nuova realizzazione saranno in rame DN 10 nel collegamento fra collettore e corpi scaldanti.

I corpi scaldanti saranno in alluminio pressofuso del tipo alettato, modulare in batteria fino al raggiungimento delle dimensioni indicate negli elaborati grafici, a bassa inerzia termica e con Pressione Nominale: 16 bar, Pressione Collaudo (100% Produzione): 24 bar e Pressione Scoppio: 60 bar, colore RAL a scelta delle D.L. Interasse 80 cm, altezza 79 cm, profondità: 9,5 cm, potenza radiante 164 w/elem. Saranno completi di valvola di sfiato automatica, diaframmi e tappi di chiusura, guarnizioni, riduzioni, valvole e detentori di seguito descritti. I radiatori saranno montati a parete con apposite mensole ad avvitare o murare, secondo le indicazioni della D.L.

Le valvole dovranno essere del tipo *termostattizzabile* e, come i detentori, devono essere dotate di filettatura standard lato impianto e predisposte alla connessione con tubo in rame. Il funzionamento e le caratteristiche idrauliche e le perdite di carico delle valvole e dei detentori devono essere rilevabili sui diagrammi presenti nella scheda tecnica che l'impresa avrà l'onere di fornire prima dell'installazione. Le valvole devono essere installate nel sistema rispettando, dove presente, il verso della freccia direzionale stampata sul corpo delle stesse. Le valvole sono previste in ottone nichelato con cappelletto di regolazione, adatto per valvole termostattizzabili, in polimero, complete di guarnizioni di tenuta in elastomero etilene-propilene ed elastomero nitrile, volantino in ABS antiurto, attacco ingresso tipo M Standard filettato e attacco uscita tipo M UNI-EN-ISO 228, con temperatura massima di esercizio pari a 110°C, pressione massima di esercizio pari a 1000 KPa per acqua, e acqua più glicole al 50%.

### **Rete esistente al piano rialzato e primo**

Per la rete esistente sono previsti gli oneri per il ripristino della coibentazione delle tubazioni del fluido termovettore per tutti i tratti in cui la coibentazione è deteriorata, assente o danneggiata (circa 15 metri). La nuova coibentazione sarà realizzata con materiale espanso a cellule chiuse, in coppelle o lastre, con classe di reazione al fuoco pari ad 1, rispondenza alle norme di autoestinguenza, completa di rifinitura esterna con lamine di PVC autoavvolgenti; lo spessore del coibente per le reti calde deve essere conforme alle prescrizioni della vigente Legge n° 10 del 09/01/91 e del relativo regolamento di attuazione D.P.R. n° 412 del 26/08/93 e successive modifiche ed integrazioni, come indicato nelle tavole di progetto. Le tubazioni attraversanti strutture REI di compartimentazione orizzontali e/o verticali devono essere collocate entro tubi guaina passanti in acciaio debitamente murati; l'intercapedine tra tubo e tubo guaina deve essere sigillata con materiali aventi

resistenza al fuoco pari a quella della struttura attraversata; gli attraversamenti di separazioni REI potranno essere realizzati anche con collari termoespandenti collocati su entrambe le facce esposte al fuoco. Sono altresì previsti gli oneri per la revisione e sostituzione dei giunti di derivazione verso i collettori di distribuzione malfunzionanti e deteriorati.

### **Prescrizioni**

Si dovranno eseguire le verifiche e le prove preliminari di cui appresso:

- a) verifica della qualità dei materiali approvvigionati;
- b) prova preliminare per accertare che le condutture non diano luogo, nelle giunzioni, a perdite (prova a freddo); tale prova andrà eseguita prima della chiusura delle tracce, dei rivestimenti e pavimentazioni
- c) prova preliminare di tenuta a caldo e di dilatazione; con tale prova verrà accertato che l'acqua calda arrivi regolarmente a tutti i punti di utilizzo;
- d) verifica del montaggio degli apparecchi e della relativa esecuzione in modo da garantire la perfetta tenuta delle giunzioni e la totale assenza di qualunque tipo di inconveniente relativo alla rubinetteria;
- e) verifica per accertare il regolare funzionamento degli impianti completati di ogni particolare; tale prova potrà essere eseguita dopo che siano completamente ultimati tutti i lavori e le forniture.

L'Appaltatore sarà responsabile, durante tutto il periodo di esecuzione delle prove suddette, delle imperfezioni riscontrate e dovrà provvedere, a suo carico e spese, alla pronta riparazione degli inconvenienti riscontrati oltre agli eventuali danni causati direttamente od indirettamente. Le verifiche e le prove di cui sopra, eseguite a cura e spese dell'Appaltatore, verranno eseguite dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore stesso, restando quest'ultimo, anche nel caso di esito favorevole delle prove indicate, pienamente responsabile dei difetti o delle imperfezioni degli impianti installati fino al termine del periodo di garanzia.

### **Marcatura CE**

Tutti i componenti degli impianti, degli apparecchi e i relativi dispositivi di sicurezza regolazione e controllo che sono oggetto, per quanto riguarda i requisiti essenziali, di direttive europee recepite dallo Stato italiano, devono portare marcatura di conformità CE. In ogni caso devono essere realizzati secondo norme di buona tecnica.



## Valvolame

Le valvole manuali e termostattizzabili sono impiegate come organi d'intercettazione e di regolazione per i corpi scaldanti. Le valvole da installare saranno nella versione ad angolo e devono consentire, sul lato impianto, il collegamento alla tipologia di tubazioni previste in progetto (rame). Le valvole ed i detentori devono essere dotati di filettatura standard lato impianto, essere predisposte alla connessione con tubo in rame. Il funzionamento e le caratteristiche idrauliche e le perdite di carico delle valvole e dei detentori devono essere rilevabili sui diagrammi presenti nella scheda tecnica da fornire. Le valvole devono essere installate nel sistema rispettando, dove presente, il verso della freccia direzionale stampata sul corpo della valvola. Tale freccia deve essere concorde con il verso di scorrimento del fluido presente nel sistema. La posizione di montaggio delle valvole termostattizzabili deve seguire l'indicazione dell'azienda costruttrice riguardo la testina termostatica installabile. Le valvole e i detentori devono avere le seguenti caratteristiche:

- Corpo in ottone nichelato
- Cappelletto di regolazione valvole termostattizzabile in polimero
- Tenute in elastomero etilene-propilene ed elastomero nitrile
- Volantino in ABS antiurto
- Attacco ingresso: M Standard filettato
- Attacco uscita: M UNI-EN-ISO 228
- Finitura superficiale satinata e nichelata
- Tmax. esercizio: 110°C
- Pmax. esercizio: 1000 KPa
- Fluido: acqua e acqua + glicole al 50%

Devono essere fornite accompagnate da idonee certificazioni di legge e rispettare quanto stabilito dal Decreto del Ministero dell'Economia e delle Finanze del 19 Febbraio 2007 recante: *"Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'art. 1, comma 349, della legge 27 Dicembre 2006 n° 296 art. 9 -1/b, in quanto certificate secondo la norma Europea UNI EN 215 (ED. 2007) Valvole termostatiche per radiatori. Requisiti e metodi di prova"*.

Tutte le valvole dovranno avere gli stessi diametri delle tubazioni su cui sono installate.

I corpi scaldanti saranno ad elementi in alluminio con resa termica secondo le norme vigenti nei modelli e nelle quantità indicate negli elaborati grafici, ogni corpo scaldante sarà dotato di valvola e detentore in ottone, tappi ciechi e forati, mensole per il sostegno ad una altezza di 10/12 cm dal pavimento e ad una distanza di 2/3 cm dalla parete verticale di appoggio e valvoline manuali per lo sfiato dell'aria.

I collettori saranno del tipo complanare bilaterale con numero di attacchi adeguato all'impianto ed all'installazione dentro apposita cassetta di ispezione da incasso con portina di chiusura.

Negli attacchi di testata alti dei collettori dovranno essere installate valvole per lo sfogo dell'aria di tipo manuale.

Tutte le tubazioni e la posa in opera relativa dovranno corrispondere alle caratteristiche indicate dal presente elaborato, alle specifiche espressamente richiamate nei relativi impianti di appartenenza ed alla normativa vigente in materia. L'Appaltatore dovrà fornire dei grafici finali con le indicazioni dei percorsi effettivi di tutte le tubazioni. Si dovrà ottimizzare il percorso delle tubazioni riducendo, il più possibile, il numero dei gomiti, giunti, cambiamenti di sezione e rendendo facilmente ispezionabili le zone in corrispondenza dei giunti, sifoni, pozzetti, ecc.; sono tassativamente da evitare l'utilizzo di spezzoni e conseguente sovrannumero di giunti. Nel caso di attraversamento di giunti strutturali saranno predisposti, nei punti appropriati, compensatori di dilatazione approvati dalla Direzione Lavori. Le tubazioni in vista o incassate dovranno trovarsi ad una distanza di almeno 8 cm. (misurati dal filo esterno del tubo o del suo rivestimento) dal muro; le tubazioni sotto traccia dovranno essere protette con materiali idonei. Le tubazioni metalliche in vista o sottotraccia, comprese quelle non in prossimità di impianti elettrici, dovranno avere un adeguato impianto di messa a terra funzionante su tutta la rete. Tutte le giunzioni saranno eseguite in accordo con le prescrizioni e con le raccomandazioni dei produttori per garantire la perfetta tenuta; nel caso di giunzioni miste la dovranno essere fornite alla Direzione Lavori la descrizione e le prescrizioni delle specifiche particolari dei produttori del sistema di giunzione alle quali attenersi durante la lavorazione. Nelle interruzioni delle fasi di posa è obbligatorio l'uso di tappi per la protezione delle estremità aperte della rete.

Le pressioni di prova, durante il collaudo, saranno di 1,5-2 volte superiori a quelle di esercizio e la lettura sul manometro verrà effettuata nel punto più basso del circuito. La pressione dovrà rimanere costante per almeno 24 ore consecutive entro le quali non dovranno verificarsi difetti o perdite di qualunque tipo; nel caso di imperfezioni riscontrate durante la prova, l'Appaltatore dovrà provvedere all'immediata riparazione dopo la quale sarà effettuata un'altra prova e questo fino all'eliminazione di tutti i difetti dell'impianto. Le tubazioni per impianti di riscaldamento saranno conformi alle specifiche della normativa vigente in materia ed avranno le caratteristiche indicate dettagliatamente nelle descrizioni delle opere relative; i materiali utilizzati per tali tubazioni saranno, comunque, dei tipi seguenti: a) tubazioni in rame ricotto fornite in rotoli; b) tubazioni in rame crudo fornite in barre; c) tubazioni in rame crudo fornito in barre idonee per la distribuzione di fluidi e gas in pressione, rivestite con guaina isolante in materiale sintetico espanso classificato

autoestinguente (tipo impianti elettrici), giunzioni con raccordi meccanici o a saldare, comprensive di pezzi speciali e materiale per la realizzazione dei giunti con le seguenti caratteristiche: (diametro esterno x spessore) 10 x 1 - 12 x 1 - 14 x 1 - 16 x 1 - 18 x 1 - 22 x 1.

Tubazioni in rame: le tubazioni dovranno essere convenientemente protette dagli agenti esterni in relazione alla loro posizione ed al grado di isolamento prescritto. In particolare dovranno essere rivestite con guaina isolante in materiale sintetico espanso classificato autoestinguente, spessore dell'isolante conforme alla normativa vigente (tabella "B" del d.P.R. 26 agosto 1993, n. 412), giunzioni con raccordi meccanici o a saldare, comprensive di pezzi speciali e materiale per la realizzazione dei giunti con le seguenti caratteristiche: (diametro esterno x spessore) 10 x 1 - 12 x 1 - 14 x 1 - 16 x 1 - 18 x 1 - 22 x 1. Saranno fornite in tubi del tipo normale o pesante (con spessori maggiorati) ed avranno raccordi filettati, saldati o misti. La curvatura dei tubi potrà essere fatta manualmente o con macchine piegatrici (oltre i 20 mm. di diametro). I tubi incruditi andranno riscaldati ad una temperatura di 600 °C prima della piegatura. Il fissaggio dovrà essere eseguito con supporti in rame. Le saldature verranno effettuate con fili saldanti in leghe di rame, zinco e argento. I raccordi potranno essere filettati, misti (nel caso di collegamenti con tubazioni di acciaio o altri materiali) o saldati. Nel caso di saldature, queste dovranno essere eseguite in modo capillare dopo il riscaldamento del raccordo e la spalmatura del decapante e risultare perfettamente uniformi. Le tubazioni di collegamento tra i generatori ed i collettori saranno in rame crudo a saldare e saranno posate sotto traccia a pavimento ed a parete. L'isolamento delle tubazioni dovrà avvenire con l'ausilio di tutti i materiali necessari tipo colla, mastici, nastri adesivi, collarini, etc.... e non dovrà in nessun modo essere interrotto soprattutto in corrispondenza di collari di sostegno, supporti e staffe. Tutti i rivestimenti dovranno garantire l'assoluta continuità dell'isolamento e incollati con mastice. L'isolamento delle valvole sarà effettuato mediante la costruzione di involucri a perfetta adesione con guaine isolanti. La rete di distribuzione corrente sotto traccia, sarà realizzata con tubo di rame ricotto UNI 6507/69 serie B ( pesante ) per il collegamento collettore – corpi scaldanti. Tutti i collegamenti delle tubazioni di rame dovranno essere forniti di raccordi in ottone necessari per la loro unione al tubo, quali ogive di tenuta, dadi stringitubo e anime di rinforzo. Le reti in rame dovranno essere tagliate con apposito tagliatubi prima di essere innestate nei raccordi, le curve di piccolo raggio dovranno essere eseguite con apposito curvatubi scanalato in modo da impedire lo schiacciamento del tubo stesso. La posa in opera delle tubazioni dovrà essere eseguita a regola d'arte, evitando qualsiasi trasmissione di rumori e vibrazioni alle strutture e dovranno essere libere di eseguire le dilatazioni termiche. Ogni e qualsiasi tratto di tubazione

sarà coibentato per limitare le perdite di calore secondo quanto prescritto dal D.P.R. 412 del 26/08/93 e succ. modifiche e integrazioni (Legge 17.12.2012, n. 221, DPR 16.04.2013, n. 74, Legge 03.08.2013, n. 90 DM 10.02.2014, DLgs 04.07.2014, n. 102)

Negli attacchi di testata alti dei collettori verranno installate le valvole automatiche di sfogo aria. Giunti e guarnizioni dovranno essere adatti per le pressioni e le temperature di esercizio previste. Le giunture delle tubazioni di collegamento tra i generatori ed i collettori saranno effettuate tramite saldature che dovranno essere eseguite a regola d'arte; le superfici da saldarsi dovranno essere accuratamente pulite ed egualmente distanziate lungo la circonferenza dei tubi, prima della saldatura.

### **3. IMPIANTO ELETTRICO**

#### **3.1 Generalità**

Il progetto degli impianti elettrici è stato realizzato in conformità a quanto previsto Decreto legge 22 gennaio 2008, n. 37 e ss.mm. applicando le prescrizioni tecniche previste dalle Normative tecniche CEI EN. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di Autorità Locali, comprese quelle dei VV.F.;
- alle prescrizioni e indicazioni dell'ENEL o dell'Azienda Distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni della Telecom;
- alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).
- Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

Nei disegni e negli atti posti a base dell'appalto, è indicata la destinazione o l'uso di ciascun ambiente, affinché le ditte concorrenti ne tengano debito conto nella esecuzione degli impianti ai fini di quanto disposto dalle vigenti disposizioni di legge in materia antinfortunistica, nonché dalle norme CEI.

L'intervento prevede:

- il rifacimento completo degli impianti elettrici dei corpi bagni 3 e 4, del deposito e bidelleria ubicati al piano rialzato e dei corpi bagni 1 e 2 ubicati al piano primo. Pertanto saranno realizzati tutti i cavidotti e le linee di alimentazione necessarie in tali ambienti; le lavorazioni previste sono le seguenti:
  - rimozione dei vecchi impianti con smaltimento dei materiali obsoleti e recupero di quelli nuovi di recente installazione (plafoniere, prese, componenti dei quadri elettrici, ecc.);
  - realizzazione ex novo degli impianti elettrici (illuminazione, prese, ecc.);
  - realizzazione dei collegamenti equipotenziali secondari;

- fornitura e posa in opera dei nuovi corpi illuminanti per i bagni, costituiti da plafoniere saranno a doppio isolamento IP65, compresi i gruppi autonomi di emergenza come indicato nelle tavole di progetto.
- La ristrutturazione, modifica ed integrazione degli impianti elettrici del gruppo di pressurizzazione antincendio e delle opere correlate (vasca riserva idrica, locale pompe), compresi la realizzazione della linea e dei quadri di alimentazione delle pompe e del locale, tutti conformi alle norme CEI, alle UNI 12845, UNI 11292, UNI10779.
- La realizzazione dell'impianto di segnalazione per allarme incendio, adatto anche per la segnalazione per la normale attività scolastica (campane elettriche scuola), in entrambi i piani dell'edificio (scuola primaria e secondaria di primo grado). L'impianto in ciascun piano sarà costituito da n. 2 campane elettriche in bronzo lucido Ø140mm con alimentazione 230V a.c, da N. 1 pulsante di attivazione da collocare nella bidelleria in cassetta portafrutto da parete, e N. 3 pulsanti di attivazione campane elettriche da utilizzare per segnalazione dell'emergenza; tali pulsanti, ubicati nella posizione riportata nelle tavole grafiche allegate, risponderanno ai requisiti richiesti dalla norma UNI 9795, saranno del tipo a rottura di vetro con centralino in plastica da parete. La linea di alimentazione sarà posta in tubo FK15 Ø20 sottotraccia per il collegamento al canale dorsale, con le necessarie cassette di derivazione e cavi di alimentazione dorsali 2x2.5mm<sup>2</sup>+PE e di derivazione (FG7OR 06/1kV) 3x1.5mm<sup>2</sup> in quantità necessaria per collegare tutte le campane, di cavo FG7OR 06/1kV 2x2.5mmq per la linea pulsanti di attivazione in quantità sufficiente per raggiungere il quadro generale. L'impianto sarà completato con gruppo di continuità 500VA (300 W circa), 230 V, stabilizzato, autonomia 10 min, per l'alimentazione della linea campane elettriche.
- Oneri per piccoli interventi di adeguamento nei locali della scuola primaria (piano rialzato) e della scuola secondaria di primo grado (piano primo) consistenti nella sostituzione di interruttori, prese e placche danneggiati, installazione di copriforo dove mancanti o deteriorati, sostituzione o installazione di cassette di derivazione (circa 40 punti), la sostituzione di lampade fulminate o mancanti, di gruppi di batterie dei corpi illuminanti di emergenza difettose (circa 30 punti).
- Oneri per la verifica dei quadri elettrici generali e di zona dei piani rialzato e primo (scuole primarie di I e II grado) comprendenti la prova di funzionalità di tutti i dispositivi di sicurezza presenti nei singoli quadri (interruttori magnetotermici, differenziali, sezionatori, pulsanti di sgancio generali per l'emergenza) e la sostituzione dei componenti mal funzionati; la fornitura e posa in opera delle nuove etichettature dei singoli componenti posti nei quadri conforme alla normativa vigente; l'apposizione dei

cartelli segnalatori dei singoli quadri conformi alla normativa antincendio; la verifica di funzionalità dell'impianto luci di emergenza e la sostituzione dei componenti mal funzionanti (esclusi corpi illuminanti);

### **3.2 Aspetti tecnici**

L'impianto ed in particolare le linee di alimentazione sono state dimensionate per una potenza adeguata ai consumi previsti. Nel quadro esistente e nei nuovi previsti saranno collocate le protezioni magnetotermiche delle linee. Le linee saranno realizzate in cavidotto del tipo corrugato serie pesante con diametro non inferiore DN20, ovvero in esecuzione a vista utilizzando tubazioni in PVC rigido serie pesante RK15 con grado di protezione IP55.

Nel quadro sono previste protezioni magnetotermiche e differenziali istantanee, sia delle linee luce e prese, che dei principali utilizzatori presenti nella struttura, secondo lo schema riportato nell'allegata tavola grafica.

Ogni linea terminale luci o prese, sarà protetta dal sovraccarico e dal corto circuito e dai contatti indiretti.

La protezione dai contatti indiretti è assicurata da interruttori differenziali istantanei con sensibilità adatta a soddisfare i requisiti della normativa (art. 752.47.1; art. 752.47.2; art. 752.3.6 e art. 752.3.8 CEI 64-8).

Nelle aree sottoposte alla ristrutturazione oltre all'illuminazione normale, sarà realizzata la linea di sicurezza (art. 752.35.4; art. 752.35.5 CEI 64-8) tramite lampade autonome di potenza tale da garantire i 5 lux previsto dalla normativa (art. 752.56.5) e l'autonomia di 1 ora stabilita dalla regola tecnica di prevenzione incendi e dall'art. 752.56.2 della CEI 64-8.

Tutte le linee di distribuzione saranno realizzate con cavi tipo N07V-K (linee interne) o FG7OR 06/1 (linee all'esterno) o secondo le indicazioni riportate nelle voci di elenco prezzi così come prescritto negli art. 752.52.1, art. 752.52.2, art. 752.52.3 della CEI 64-8. I cavi avranno tensione nominale 450/750 V, saranno di tipo non propagante la fiamma e non propagante l'incendio. Le sezioni calcolate per i conduttori sono adeguate alle correnti di impiego, alla corrente nominale degli interruttori magnetotermici adottati in relazione alla protezione da sovraccarico e corto circuito (art. 433.2, art. 434.3.2 CEI 64-8), considerando opportuni coefficienti di riduzione della portata per tener conto della prossimità con altri conduttori e per limitare la caduta di tensione percentuale al 4% massimo della tensione nel punto di consegna ENEL (art. 525 CEI 64-8).

La sezione minima dei conduttori per posa in tubi o canali, sarà di 1,5 mm<sup>2</sup> (art. 752.52.3 CEI 64-8). Le derivazioni/conessioni elettriche saranno eseguite unicamente in apposite cassette di derivazione utilizzando morsetti a vite dotati di cappuccio isolante (art. 752.52.5 CEI 64-8) o metodi equivalenti di connessione, escludendo la semplice nastratura.

Il quadro sarà dotato di scritte, realizzate con caratteri stampati, poste ad indicazione di tutti gli organi di manovra, controllo e protezione. Dovranno essere allegati al quadro gli schemi unifilari e le certificazioni previste dalla CEI 17/13.

I conduttori interni al quadro dovranno essere singolarmente marcati e numerati, così come le morsettiere, e dovrà essere prodotta la tabella con i numeri dei cavi e delle morsettiere e il nome del relativo circuito. Tale tabella dovrà essere allegata alla certificazione del quadro.

Tutte le apparecchiature contenute nel quadro e le carpenterie dovranno essere di tipo rispondente alle norme specifiche vigenti e aver superato le prove individuali previste.

In prossimità del quadro o sul quadro stesso dovrà essere apposto cartello omologato di indicazione della presenza dello stesso e del pericolo elettrico.

Nei bagni e dove indicato nelle tavole grafiche di progetto saranno realizzati i collegamenti equipotenziali secondari (art. 413.1.6.1 CEI 64-8) impiegando conduttori tipo N07V-K di sezione non inferiore a 4 mm<sup>2</sup> (art. 543.1.3 CEI 64-8), posti anche direttamente sotto intonaco o pavimento senza protezione meccanica.

Il conduttore di protezione distribuito nell'impianto elettrico avrà sezione non inferiore a quella del conduttore di fase di maggior sezione presente nella conduttura (art. 543.1.2 e tabella 54F, CEI 64-8), il colore del cavo sarà il Giallo verde e sarà di tipo N07V-K.

Come prese energia sono state previste prese a spina del tipo 2P+T schuko-bipasso 10/16A.

### **3.3 Prescrizioni**

#### ***Circuiti***

#### **Cavi e conduttori:**

- a) isolamento dei cavi: i cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U<sub>o</sub>/U) non inferiori a 450/750V, simbolo di designazione 07. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500V, simbolo di designazione 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore;
- b) colori distintivi dei cavi: i conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00712, 00722, 00724, 00725, 00726 e 00727. In particolare i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. Per quanto riguarda i conduttori di fase, devono



essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone;

- c) sezioni minime e cadute di tensione ammesse: le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto) devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL 35023 e 35024.

Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime ammesse sono;

- 0,75 mm<sup>2</sup> per circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5 mm<sup>2</sup> per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2,2 kW;
- 2,5 mm<sup>2</sup> per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza unitaria superiore a 2,2 kW e inferiore o uguale a 3 kW;
- 4 mm<sup>2</sup> per montanti singoli e linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3 kW;

- d) sezione minima dei conduttori neutri: la sezione dei conduttori neutri non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup>, la sezione dei conduttori neutri può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo tuttavia di 16 mm<sup>2</sup> (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni dell'art. 3.1.0.7 delle norme CEI 64-8.

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

**Sezione minima del conduttore di protezione**

Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio	Cond. protez. facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase	Cond. protez. non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del condut. di fase
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
minore o uguale a 16 uguale a 35	16	16
maggiore di 35	metà della sezione del condut. di fase; nei cavi multipol., la sez. specificata dalle rispettive norme	metà della sezione del condut. di fase nei cavi multip., la sez. specificata dalle rispettive norme



### **Sezione minima del conduttore di terra**

La sezione del conduttore di terra deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione suddetta con i minimi di seguito indicati (espressi in mm<sup>2</sup>):

- Protetto contro la corrosione ma non meccanicamente      16 (CU)    16 (FE)
- non protetto contro la corrosione                                      25 (CU)    50 (FE)

In alternativa ai criteri sopra indicati è ammesso il calcolo della sezione minima del conduttore di protezione mediante il metodo analitico indicato al paragrafo a) dell'art. 9.6.0 1 delle norme CEI 64-8.

### **Tubi Protettivi - Percorso tubazioni - Cassette di derivazione**

I conduttori devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente.

Dette protezioni possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile ecc. Negli impianti industriali, il tipo di installazione deve essere concordato di volta in volta con l'Amministrazione. Negli impianti in edifici civili e similari si devono rispettare le prescrizioni appresso riportate.

Nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia, i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico serie leggera per i percorsi sotto intonaco, in acciaio smaltato a bordi saldati oppure in materiale termoplastico serie pesante per gli attraversamenti a pavimento.

Il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti. Tale coefficiente di maggiorazione deve essere aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo sotto piombo o sotto guaina metallica; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e rinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi. Comunque il diametro interno non deve essere inferiore a 10 mm.

Il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi; ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale e secondaria e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione.

Le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette devono essere costruite in modo tale che nelle condizioni di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei; deve inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo.

I tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante. E' ammesso utilizzare lo stesso tubo e le stesse cassette purchè i montanti alimentino lo stesso complesso di locali e che ne siano contrassegnati per la loro individuazione, almeno in corrispondenza delle due estremità.

Qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purchè essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, non amovibili se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.

Il numero dei cavi che si possono introdurre nei tubi è indicato nella tabella seguente:

**Numero massimo di cavi unipolari da introdurre in tubi protettivi**

(i numeri tra parentesi sono per i cavi di comando e segnalazione)

diam. e/diam.i mm	Sezione dei cavetti in mm²								
	(0,5)	(0,75)	(1)	1,5	2,5	4	6	10	16
12/8,5	(4)	(4)	(2)						
14/10	(7)	(4)	( 3)	2					
16/11,7			(4)	4	2				
20/15,5			( 9)	7	4	4	2		
25/19,8			(12)	9	7	7	4	2	
32/26,4					12	9	7	7	3

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli, che ospitano altre canalizzazioni devono essere disposti in modo da non essere soggetti ad influenze dannose in relazione a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc. E' inoltre vietato collocare nelle tracce montanti e colonne telefoniche o radiotelevisive. Nel vano degli ascensori o montacarichi non è consentita la messa in opera di conduttori o tubazioni di qualsiasi genere che non appartengono all'impianto dell'ascensore o del montacarichi stesso.

I circuiti degli impianti a tensione ridotta per "controllo ronda" e "antifurto", nonchè quelli per impianti di traduzioni simultanee o di teletraduzioni simultanee, dovranno avere i conduttori in ogni caso sistemati in tubazioni soltanto di acciaio smaltato o tipo mannesman.

### ***Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in tubazioni od in cunicoli non praticabili***

Per la posa in opera delle tubazioni a parete od a soffitto, in cunicoli, intercapedini, sotterranei, e simili, valgono le prescrizioni precedenti per la posa dei cavi in cunicoli praticabili, coi dovuti adattamenti.

Per la posa interrata delle tubazioni, valgono le prescrizioni precedenti per l'interramento dei cavi elettrici, circa le modalità di scavo, la preparazione del fondo di posa (naturalmente senza la sabbia e senza la fila di mattoni), il reinterro, ecc.

Le tubazioni dovranno risultare coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Il diametro interno della tubazione dovrà essere in rapporto non inferiore ad 1,3 rispetto al diametro del cavo o del cerchio circoscrivente i cavi, sistemati a fascia.

Per l'inserimento dei cavi, si dovranno avere adeguati pozzetti sulle tubazioni interrate ed apposite cassette sulle tubazioni non interrate.

Il distanziamento fra tali pozzetti e cassette sarà da stabilirsi in rapporto alla natura ed alla grandezza dei cavi da infilare. Tuttavia, per cavi in condizioni medie di scorrimento e grandezza, il distanziamento resta stabilito di massima:

- ogni m 30 circa se in rettilineo;
- ogni m 15 circa se con interposta una curva.

I cavi non dovranno subire curvature di raggio inferiore a 15 volte il loro diametro.

In sede di appalto, verrà precisato se spetti all'Amministrazione appaltante la costituzione dei pozzetti o delle cassette. In tal caso, per il loro dimensionamento, formazione, raccordi, ecc., l'Impresa aggiudicataria dovrà fornire tutte le indicazioni necessarie.

### ***Protezione contro i contatti indiretti***

Devono essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Per la protezione contro i contatti indiretti ogni impianto elettrico utilizzatore, o raggruppamento di impianti contenuti in uno stesso edificio e nelle sue dipendenze (quali portinerie distaccate e simili) deve avere un proprio impianto di terra.

A tale impianto di terra devono essere collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati ad adduzione, distribuzione e scarico delle acque, nonché tutte le masse metalliche accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso.

### ***Prescrizioni particolari per locali da bagno***

Divisione in zone e apparecchi ammessi

I locali da bagno vengono suddivisi in 4 zone per ognuna delle quali valgono regole particolari:

- zona 0 - E' il volume della vasca o del piatto doccia: non sono ammessi apparecchi elettrici, come scaldacqua ad immersione, illuminazioni sommerse o simili;
- zona 1 - E' il volume al di sopra della vasca da bagno o del piatto doccia fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento: sono ammessi lo scaldabagno (del tipo fisso, con la massa collegata al conduttore di protezione) e gli interruttori di circuiti SELV alimentati a tensione non superiore a 12 V in c.a. e 30 V in c.c. con la sorgente di sicurezza installata fuori dalle zone 0,1 e 2;
- zona 2 - E' il volume che circonda la vasca da bagno o il piatto doccia, largo 60 cm e fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento: sono ammessi, oltre allo scaldabagno e agli altri apparecchi alimentati a non più di 25 V, anche gli apparecchi illuminanti dotati di doppio isolamento (Classe II). Gli apparecchi installati nelle zone 1 e 2 devono essere protetti contro gli spruzzi d'acqua (grado protezione IPx4). Sia nella zona 1 che nella zona 2 non devono esserci materiali di installazione come interruttori, prese a spina, scatole di derivazione; possono essere installati pulsanti a tirante con cordone isolante e frutto incassato ad altezza superiore a 2,25 m dal pavimento. Le condutture devono essere limitate a quelle necessarie per l'alimentazione degli apparecchi installati in queste zone e devono essere incassate con tubo protettivo non metallico; gli eventuali tratti in vista necessari per il collegamento con gli apparecchi utilizzatori (per esempio con lo scaldabagno) devono essere protetti con tubo di plastica o realizzati con cavo munito di guaina isolante;
- zona 3 - E' il volume al di fuori della zona 2, della larghezza di 2,40 m (e quindi 3 m oltre la vasca o la doccia): sono ammessi componenti dell'impianto elettrico protetti contro la caduta verticale di gocce di acqua (grado di protezione IPx1), come nel caso dell'ordinario materiale elettrico da incasso IPx5 quando è previsto l'uso di getti d'acqua per la pulizia del locale; inoltre l'alimentazione degli utilizzatori e dispositivi di comando deve essere protetta da interruttore differenziale ad alta sensibilità, con corrente differenziale non superiore a 30 mA.

Le regole date per le varie zone in cui sono suddivisi i locali da bagno servono a limitare i pericoli provenienti dall'impianto elettrico del bagno stesso, e sono da considerarsi integrative rispetto alle regole e prescrizioni comuni a tutto l'impianto elettrico (isolamento delle parti attive, collegamento delle masse al conduttore di protezione, ecc.).

### **Collegamento equipotenziale nei locali da bagno**

Per evitare tensioni pericolose provenienti dall'esterno del locale da bagno (ad esempio da una tubazione che vada in contatto con un conduttore non protetto da interruttore differenziale), è richiesto un conduttore equipotenziale che colleghi fra di loro tutte le masse estranee delle zone 1-2-3 con il conduttore di protezione; in particolare per le tubazioni metalliche è sufficiente che le stesse siano collegate con il conduttore di protezione all'ingresso dei locali da bagno.

Le giunzioni devono essere realizzate conformemente a quanto prescritto dalle norme CEI 64-8; in particolare devono essere protette contro eventuali allentamenti o corrosioni. Devono essere impiegate fascette che stringono il metallo vivo. Il collegamento non va eseguito su tubazioni di scarico in PVC o in gres. Il collegamento equipotenziale deve raggiungere il più vicino conduttore di protezione, ad esempio nella scatola dove è installata la presa a spina protetta dell'interruttore differenziale ad alta sensibilità.

E' vietata l'inserzione di interruttori o di fusibili sui conduttori di protezione.

Per i conduttori si devono rispettare le seguenti sezioni minime:

- 2,5 mm<sup>2</sup> (rame) per collegamenti protetti meccanicamente, cioè posati entro tubi o sotto intonaco;
- 4 mm<sup>2</sup> (rame) per collegamenti non protetti meccanicamente e fissati direttamente a parete.

### **Alimentazione nei locali da bagno**

Può essere effettuata come per il resto dell'edificio, per i bagni in edifici non residenziali.

Se esistono 2 circuiti distinti per i centri luce e le prese, entrambi questi circuiti si devono estendere ai locali da bagno.

La protezione delle prese del bagno con interruttore differenziale ad alta sensibilità può essere affidata all'interruttore differenziale generale (purchè questo sia del tipo ad alta sensibilità) o ad un differenziale locale, che può servire anche per diversi bagni attigui.

### **Condutture elettriche nei locali da bagno**

Devono essere usati cavi isolati in classe II nelle zone 1 e 2 in tubo di plastica incassato a parete o nel pavimento, a meno che la profondità di incasso non sia maggiore di 5 cm.

Per il collegamento dello scaldabagno, il tubo, di tipo flessibile, deve essere prolungato per coprire il tratto esterno, oppure deve essere usato un cavetto tripolare con guaina (fase+neutro+conduttore di protezione) per tutto il tratto dall'interruttore allo scaldabagno, uscendo, senza morsetti, da una scatolaletta passa cordone.

### ***Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione***

Una volta attuato l'impianto di messa a terra, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata con uno dei seguenti sistemi:

a) coordinamento fra impianto di messa a terra e protezione di massima corrente. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè magnetotermico, in modo che risulti soddisfatta la seguente relazione:

$$R_t \leq 25/I_s$$

dove  $R_t$  è il valore in ohm della resistenza dell'impianto di terra nelle condizioni più sfavorevoli e  $I_s$  è il più elevato tra i valori in ampere, della corrente di intervento in 5 s del dispositivo di protezione; se l'impianto comprende più derivazioni protette dai dispositivi con correnti di intervento diverse, deve essere considerata la corrente di intervento più elevata;

b) coordinamento fra impianto di messa a terra e interruttori differenziali. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo. Affinchè detto coordinamento sia efficiente deve essere osservata la seguente relazione:

$$R_t \leq 25/I_d$$

dove  $R_d$  è il valore in ohm della resistenza dell'impianto di terra nelle condizioni più sfavorevoli e  $I_d$  il più elevato fra i valori in ampere delle correnti differenziali nominali di intervento delle protezioni differenziali poste a protezione dei singoli impianti utilizzatori.

Negli impianti di tipo TT, alimentati direttamente in bassa tensione dalla Società Distributrice, la soluzione più affidabile ed in certi casi l'unica che si possa attuare, è quella con gli interruttori differenziali che consentono la presenza di un certo margine di sicurezza a copertura degli inevitabili aumenti del valore di  $R_t$  durante la vita dell'impianto.

### ***Protezione mediante doppio isolamento***

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando:

- macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione od installazione: apparecchi di Classe II.

In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di Classe II può coesistere con la protezione mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

### **Protezione delle condutture elettriche**

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi e da corto circuiti.

La protezione contro i sovraccarichi deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8 (fasc. 668) cap. VI.

In particolare i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata ( $I_z$ ) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego ( $I_b$ ) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente). Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione devono avere una corrente nominale ( $I_n$ ) compresa fra la corrente di impiego del conduttore ( $I_b$ ) e la sua portata nominale ( $I_z$ ) ed una corrente di funzionamento ( $I_f$ ) minore o uguale a 1,45 volte la portata ( $I_z$ ).

In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

La seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici conformi alle norme CEI EN 60898, 60898/A1, 60898/A11, 60947-2 e 60947-2/A1.

Gli interruttori automatici magnetotermici devono interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto in tempi sufficientemente brevi per garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione

$$I_q \leq K_s^2 \text{ (ved. norme CEI 64-8 e 64-8-Ec).}$$

Essi devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

E' tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione (art. 6.3.02 delle norme CEI 64-8).

In questo caso le caratteristiche dei 2 dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia specifica passante  $I^2t$  lasciata passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette.

In mancanza di specifiche indicazioni sul valore della corrente di cortocircuito, si presume che il potere di interruzione richiesto nel punto iniziale dell'impianto non sia inferiore a:

3.000 A nel caso di impianti monofasi;

4.500 A nel caso di impianti trifasi.

Si riportano nel seguito gli allegati degli impianti elettrici.

Sassari, 13.04.2017

Il progettista

Ing. Barbara Manos



**Comune di Tissi**  
**Provincia di Sassari**

LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE E MESSA IN SICUREZZA  
SCUOLA PRIMARIA E SECONDARIA DI PRIMO GRADO.  
PROGETTO ISCOLA@ - ASSE II "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E  
MANUTENZIONE DEGLI EDIFICI SCOLASTICI"  
CUP C7116000150006

**PROGETTAZIONE E DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO  
ELETTRICO**

**Relazione tecnica e di calcolo**

**Impianto:** IMPIANTO ELETTRICO Nuovi Bagni Scuola Primaria e Secondaria

**Committente:** Comune di Tissi (SS) Responsabile del Procedimento Geom. Sandra Manca

**Indirizzo:** Via Brigata Sassari - TISSI (SS)

SASSARI, 13.04.2017

**Il Tecnico**  
(Ing. Barbara Manos)

---

Studio Tecnico Ing. Barbara Manos

Viale Italia, 31  
SASSARI (SS)  
bmanos@tiscali.it

## DATI GENERALI

### Committente

Nome Cognome	Sandra Manca
Indirizzo	Via Dante, 5
CAP - Comune	07040 TISSI (SS)
Telefono	0793888015
Fax	0793888023
E-mail	ufficiotecnico@comune.tissi.ss.it
Ruolo	Rappresentante Legale
Ragione Sociale	Comune di Tissi (SS)
Indirizzo	Via Dante, 5
CAP - Comune	07040 TISSI (SS)
Telefono	079 3888000
Fax	079 3888023
E-mail	protocollo@pec.comune.tissi.ss.it
Codice Fiscale	00248560906
P.IVA	00248560906

### Tecnico

Nome Cognome	Barbara Manos
Qualifica	Ingegnere
Ragione Sociale	Studio Tecnico Ing. Barbara Manos
Codice Fiscale	BRBMNS69M611452M
P.IVA	01714040902
Data di nascita	21/08/1969
Luogo di nascita	SASSARI
Indirizzo	Viale Italia, 31
CAP - Comune	07100 SASSARI (SS)
Telefono	079 245064
Fax	079 245064
E-mail	bmanos@tiscali.it

### Edificio

Denominazione	Scuola Primaria e Secondaria di Primo Grado
Indirizzo	Via Brigata Sassari – Via Dante
CAP - Comune	07040 Tissi (SS)
Zona soggetta a gelo	No
Zona sismica	No

## NORME DI RIFERIMENTO

Gli impianti e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

### Norme

<b>D.Lgs. 9/4/08 n.81</b>	TESTO UNICO sulla salute e sicurezza sul lavoro e succ. mod. e int.
<b>D.Lgs. 3/8/09 n.106</b>	Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
<b>Legge 186/68</b>	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
<b>DPR 151 01/08/11</b>	Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.
<b>D.Lgs. 22/01/08 n. 37</b>	Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 – quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n° 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
<b>CEI 64-8</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua.
<b>CEI 64-8/1</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 1: oggetto, scopo e principi fondamentali.
<b>CEI 64-8/2</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 2: definizioni.
<b>CEI 64-8/3</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 3: caratteristiche generali.
<b>CEI 64-8/4</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 4: prescrizioni per la sicurezza.
<b>CEI 64-8/5</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 5: scelta ed installazione dei componenti elettrici.
<b>CEI 64-8/6</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 6: verifiche.
<b>CEI 64-8/7</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 7: ambienti ed applicazioni particolari.
<b>CEI 64-8; V1</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Contiene modifiche ad alcuni articoli nonché correzioni di inesattezze riscontrate in alcune Parti della Norma CEI 64-8.
<b>CEI 64-8; V2</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. La Variante si è resa necessaria in seguito alla pubblicazione di nuovi documenti CENELEC della serie HD 60364.
<b>CEI 64-8; V3</b>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Contiene il nuovo Allegato A della Parte 3: "Ambienti residenziali - Prestazioni dell'impianto" e modifiche ad alcuni articoli della Norma CEI 64-8 in seguito al contenuto dell'Allegato A.
<b>CEI 64-50</b>	Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici.
<b>CEI 64-12</b>	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale.
<b>CEI 11-17</b>	Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
<b>CEI 0-2</b>	Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici.
<b>CEI 17- 13/1</b>	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione ( quadri BT).
<b>CEI 23-48</b>	Involucro per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari. Parte 1: prescrizioni generali
<b>CEI 23-49</b>	Involucro per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari. Parte 2: prescrizioni particolari per involucri destinati a contenere dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile.
<b>CEI 23-51</b>	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazione fisse per uso domestico e similare.
<b>CEI 31-30</b>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 10: classificazione dei luoghi pericolosi

<b>CEI 31-33</b>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 14: impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas (diversi dalle miniere).
<b>CEI 31-35</b>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili.
<b>CEI 0-10</b>	Guida alla manutenzione degli impianti elettrici.
<b>CEI 81-10/1</b>	Protezione contro i fulmini. Principi generali.
<b>CEI 81-10/2</b>	Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio.
<b>CEI 81-10/3</b>	Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
<b>CEI 81-10/4</b>	Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.
<b>CEI-UNEL 35026</b>	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
<b>CEI-UNEL 35024/1</b>	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
<b>CEI-UNEL 35023</b>	Cavi per energia isolati in gomma o con materiale termoplastico aventi grado di isolamento non superiore a 4. Cadute di tensione.
<b>CEI 3-50</b>	Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature. Parte 2: Segni originali.
<b>CEI 0-10</b>	Guida alla manutenzione degli impianti elettrici.
<b>CEI 0-11</b>	Guida alla gestione in qualità delle misure per la verifica degli impianti elettrici ai fini della sicurezza
<b>CEI 64-100/1</b>	Edilizia residenziale. Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 1: Montanti degli edifici.
<b>CEI 64-100/2</b>	Edilizia residenziale. Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 2: Unità immobiliari (appartamenti).
<b>CEI 64-13</b>	Guida alla Norma CEI 64-4. "Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico".
<b>CEI 64-14</b>	Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.
<b>CEI 64-17</b>	Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri.
<b>CEI 64-4</b>	Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico.
<b>CEI 64-51</b>	Edilizia ad uso residenziale e terziario. Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri particolari per centri commerciali.
<b>CEI 64-53</b>	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale.
<b>CEI 64-54</b>	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per i locali di pubblico spettacolo.
<b>CEI 64-55</b>	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per le strutture alberghiere.
<b>CEI 64-56</b>	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri particolari per locali ad uso medico.
<b>CEI 64-57</b>	Edilizia ad uso residenziale e terziario. Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici. Criteri particolari per impianti di piccola produzione distribuita.
<b>CEI 34-22</b>	Apparecchi di illuminazione. Parte 2: prescrizioni particolari. Apparecchi di illuminazione di emergenza.
<b>CEI 34-111</b>	Sistemi di illuminazione di emergenza.
<b>CEI 23-50</b>	Spine e prese per usi domestici e similari. Parte 1: prescrizioni generali.
<b>CEI 11-25</b>	Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata. Parte 0: calcolo delle correnti.

Inoltre dovranno essere rispettate tutte le leggi e le norme vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate e le prescrizioni di Autorità Locali, VV.FF., Ente distributore di energia elettrica, Telefonia, ISPESL, ASL, ecc.

## PREMESSA

### Contesto di riferimento

---

L'edificio denominato Scuola primaria e Secondaria è composto di 2 piani. L'edificio è ubicato nel comune di TISSI (SS), all'indirizzo Via Brigata Sassari e si articola su due piani fuori terra non comunicanti fra loro. Gli impianti all'interno sono installati in ambienti totalmente protetti dalle intemperie, nei quali si esclude totalmente l'uso di sostanze corrosive che possano modificare le caratteristiche dei componenti installati.

### Criteri utilizzati per le scelte progettuali

---

Per soddisfare i requisiti dell'impianto elettrico, si sono fissati questi due fondamentali obiettivi:

- la flessibilità nel tempo: la facilità d'adeguamento dell'installazione alle mutevoli esigenze abitative ed organizzative;
- la sicurezza ambientale: intesa come protezione delle persone e delle cose, che in qualche modo debbano interagire con l'ambiente in piena coerenza con la norma CEI 64-8.

### Qualità e caratteristiche dei materiali utilizzati

---

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati sono adatti all'ambiente in cui sono installati e hanno caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

Tutti i materiali e gli apparecchi sono rispondenti alle norme CEI ed alle Tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistano. Inoltre tutti i materiali ed apparecchi per i quali è prevista la concessione del marchio di qualità sono muniti del contrassegno IMQ.

## METODI DI CALCOLO

Di seguito riportiamo i parametri e la modalità di calcolo dei circuiti e di scelta delle protezioni, in accordo a quanto previsto dalle norme CEI.

### Corrente di impiego $I_b$

---

Il valore efficace della corrente di impiego, per i circuiti terminali, può essere così calcolato:

$$I_b = (K_u \cdot P) / (k \cdot V_n \cdot \cos \varphi) \quad [A] \quad (1.1)$$

dove:

- $k$  è pari a 1 per circuiti monofase o a  $\sqrt{3}$  per circuiti trifase
- $K_u$  è il coefficiente di utilizzazione moltiplicativo della potenza nominale di ciascun carico e assume valori compresi tra [0..1]
- $P$  è la potenza totale dei carichi [W]
- $V_n$  è il valore efficace della tensione nominale del sistema [V]
- $\cos \varphi$  è il fattore di potenza.

Nel caso di circuiti di distribuzione che alimentano più circuiti derivati che potrebbero essere non tutti di tipo terminale:

$$I_b = K_c \cdot (I_{d,1} + \dots + I_{d,n}) \quad [A] \quad (1.2)$$

dove:

- $K_c$  è il coefficiente di contemporaneità moltiplicativo dei circuiti derivati simultaneamente utilizzati
- $I_{d,j}$  è il fasore della corrente del  $j$ -mo circuito derivato.

### Caduta di tensione

---

La caduta di tensione in un cavo può essere così calcolata:

$$\Delta V_c = k (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot L \cdot I_b \quad [V] \quad (1.3)$$

$$\Delta V_c \% = \Delta V_c / V_n \quad [V] \quad (1.4)$$

dove:

- $\Delta V_c$  = caduta di tensione del cavo [V]
- $V_n$  = tensione nominale [V]
- $k$  = 2 per circuiti monofase,  $\sqrt{3}$  per circuiti trifase
- $R$  è la resistenza specifica del cavo [ $\Omega/m$ ]
- $X$  è la reattanza specifica del cavo [ $\Omega/m$ ]
- $L$  è la lunghezza del cavo [m]
- $I_b$  è la corrente di impiego [A].

### Correnti di corto circuito

---

Il valore efficace della corrente di corto circuito  $I_{cc}$  nel punto di guasto può essere calcolato come:

$$I_{cc} = V_n / (k Z_{cc}) \quad [A] \quad (1.5)$$

dove  $Z_{cc}$  è l'impedenza complessiva della rete a monte del punto considerato.

### Sistema TT

Nel caso di un sistema di distribuzione TT, per caratterizzare la rete a monte del punto di consegna si richiedono i valori presunti della corrente di corto circuito trifase ( $I_{cc,tr}$ ) e della corrente di corto circuito fase-neutro ( $I_{cc,f-n}$ ) forniti dall'ente erogatore di energia elettrica.

Dal valore  $I_{cc,tr}$ , si ricava l'impedenza totale della rete a monte del punto di consegna:

$$Z_{of} = V_n / \sqrt{3} \cdot I_{cc,tr} \quad [\Omega] \quad (1.6)$$

dove:

-  $V_n$  è il valore della tensione nominale del sistema [V]

La resistenza e la reattanza si ottengono per mezzo del fattore di potenza in corto circuito  $\cos \varphi_{cc}$ :

$$R_{of} = Z_{of} \cdot \cos \varphi_{cc} \quad [\Omega] \quad (1.7)$$

$$X_{of} = Z_{of} \cdot \sin \varphi_{cc} = \sqrt{(Z_{of}^2 - R_{of}^2)} \quad [\Omega] \quad (1.8)$$

Di seguito è riportata la tabella in cui sono presenti i valori di  $\cos \varphi_{cc}$  in funzione del valore di  $I_{cc}$ :

$I_{cc} \text{ (kA)}$	$\cos \varphi_{cc}$
$I_{cc} \leq 1.5$	0.95
$1.5 < I_{cc} \leq 3$	0.9
$3 < I_{cc} \leq 4.5$	0.8
$4.5 < I_{cc} \leq 6$	0.7
$6 < I_{cc} \leq 10$	0.5
$10 < I_{cc} \leq 20$	0.3
$20 < I_{cc} \leq 50$	0.25
$50 < I_{cc}$	0.2

Tabella CEI EN 60947-2 Class. 17-5

Dal valore di  $I_{cc,f-n}$  si ricava la somma delle impedenze di fase e di neutro a monte del punto di consegna. Tale valore è necessario per effettuare il calcolo della corrente di corto circuito in caso di guasto fase-neutro in un punto qualunque del sistema TT:

$$Z_{ofn} = V_n / \sqrt{3} \cdot I_{cc,f-n} \quad [\Omega] \quad (1.9)$$

Quindi si ricavano le componenti resistive e reattive:

$$R_{ofn} = Z_{ofn} \cdot \cos \varphi_{cc} \quad [\Omega] \quad (1.10)$$

$$X_{ofn} = Z_{ofn} \cdot \sin \varphi_{cc} = \sqrt{(Z_{ofn}^2 - R_{ofn}^2)} \quad [\Omega] \quad (1.11)$$

Utilizzando la formula 1.5, le correnti di corto circuito  $I_{cc}$  nel punto di guasto possono essere calcolate usando le seguenti formule:

$$\text{- } I_{cc, \text{trifase}} \quad I_{cc,tr} = V_n / \sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{of} + R_l)^2 + (X_{of} + X_l)^2} \quad [A] \quad (1.12)$$

$$\text{- } I_{cc, \text{fase-fase}} \quad I_{cc,f-f} = V_n / 2 \cdot \sqrt{(R_{of} + R_l)^2 + (X_{of} + X_l)^2} \quad [A] \quad (1.13)$$

$$\text{- } I_{cc, \text{fase-neutro}} \quad I_{cc,f-n} = V_n / \sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{ofn} + R_l + R_n)^2 + (X_{ofn} + X_l + X_n)^2} \quad [A] \quad (1.14)$$

dove

- $R_l$  e  $X_l$  sono la resistenza e la reattanza totale del conduttore di fase fino al punto di guasto [ $\Omega$ ]
- $R_n$  e  $X_n$  sono la resistenza e la reattanza totale del conduttore di neutro fino al punto di guasto [ $\Omega$ ]

### Corrente di corto circuito massima

---

La corrente massima si calcola nelle condizioni che originano i valori più elevati:

- all'inizio della linea, quando l'impedenza a monte è minima;
- considerando il guasto di tutti i conduttori quando la linea è costituita da più cavi in parallelo;

La massima corrente di c.to c.to si ha per guasto trifase simmetrico  $I_{cc, tr}$ .

### Corrente di corto circuito minima

---

La corrente minima si calcola nelle condizioni che originano i valori più bassi:

- in fondo alla linea quando l'impedenza a monte è massima;
- considerando guasti che riguardano un solo conduttore per più cavi in parallelo;

La corrente di c.to c.to minima si ha per guasto monofase  $I_{cc, f-n}$  o bifase  $I_{cc, f-f}$ .



## Dimensionamento

### Dimensionamento del cavo

L'art. 25.5 della Norma CEI 64-8 definisce portata di un cavo "il massimo valore della corrente che può fluire in una conduttura, in regime permanente ed in determinate condizioni, senza che la sua temperatura superi un valore specificato". In base a questa definizione, si può affermare che la portata di un cavo, indicata convenzionalmente con  $I_z$ , deriva:

- dalla capacità dell'isolante a tollerare una certa temperatura;
- dai parametri che influiscono sulla produzione del calore, quali ad esempio resistività e la sezione del conduttore;
- dagli elementi che condizionano lo scambio termico tra il cavo e l'ambiente circostante.

Quindi, per un corretto dimensionamento del cavo, si devono verificare:

$$I_z \geq I_b \quad (1.24)$$

$$\Delta V_c \leq \Delta V_M \quad (1.25)$$

dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego
- $I_z$  la portata del cavo, cioè il valore efficace della massima corrente che vi può fluire in regime permanente
- $\Delta V_M$  è la caduta di tensione massima ammissibile per il cavo (la regola tecnica consiglia entro il 4% della tensione di alimentazione).

### Dimensionamento del conduttore di neutro

Il conduttore di neutro deve avere almeno la stessa sezione dei conduttori di fase:

- nei circuiti monofase a due fili, qualunque sia la sezione dei conduttori;
- nei circuiti trifase quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore od uguale a 16 mm<sup>2</sup> se in rame od a 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio.

Nei circuiti trifase i cui conduttori di fase abbiano una sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup> se in rame oppure a 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio, il conduttore di neutro può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:

- la corrente massima, comprese le eventuali armoniche, che si prevede possa percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario, non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro; [NOTA: la corrente che fluisce nel circuito nelle condizioni di servizio ordinario deve essere praticamente equilibrata tra le fasi]
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup> se in rame oppure a 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio.

In ogni caso, il conduttore di neutro deve essere protetto contro le sovracorrenti in accordo con le prescrizioni dell'articolo 473.3.2 della norma CEI 64-8 riportate di seguito:

- a) quando la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale o equivalente a quella dei conduttori di fase, non è necessario prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro né un dispositivo di interruzione sullo stesso conduttore.
- b) quando la sezione del conduttore di neutro sia inferiore a quella dei conduttori di fase, è necessario prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro, adatta alla sezione di questo conduttore: questa rilevazione deve provocare l'interruzione dei conduttori di fase, ma non necessariamente quella del conduttore di neutro.
- c) non è necessario tuttavia prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro se sono

contemporaneamente soddisfatte le due seguenti condizioni:

- il conduttore di neutro è protetto contro i cortocircuiti dal dispositivo di protezione dei conduttori di fase del circuito;
- la massima corrente che può attraversare il conduttore di neutro in servizio ordinario è chiaramente inferiore al valore della portata di questo conduttore.

### Dimensionamento del conduttore di protezione

Le sezioni minime dei conduttori di protezione non devono essere inferiori ai valori in tabella; se risulta una sezione non unificata, deve essere adottata la sezione unificata più vicina al valore calcolato.

Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio $S_F$ [mm <sup>2</sup> ]	Conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase $S_{PE}$ [mm <sup>2</sup> ]	Conduttore di protezione non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase $S_{PE}$ [mm <sup>2</sup> ]
$S_F \leq 16$	$S_{PE} = S_F$	2,5 se protetto meccanicamente, 4 se non protetto meccanicamente
$16 < S_F \leq 35$	$S_{PE} = 16$	$S_{PE} = 16$
$35 < S_F$	$S_{PE} = S_F/2$ nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme	$S_{PE} = S_F/2$ nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme

$S_F$ : sezione dei conduttori di fase dell'impianto

$S_{PE}$ : sezione minima del corrispondente conduttore di protezione

### Protezione dal sovraccarico (Norma CEI 64-8/4 - 433.2)

Per la protezione dalla correnti di sovraccarico, la norma CEI 64-8 sez.4 par. 433.2, "Coordinamento tra conduttori e dispositivi di protezione" prevede che il dispositivo di protezione selezionato soddisfi le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1.26)$$

$$I_f \leq 1.45 I_z \quad (1.27)$$

dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego
- $I_n$  la corrente nominale o portata del dispositivo di protezione
- $I_z$  la corrente sopportabile in regime permanente da un determinato cavo senza superare un determinato valore di temperatura
- $I_f$  la corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione che provoca il suo intervento entro un tempo convenzionale.

### Protezione dalle correnti di corto circuito (Norma CEI 64-8/4 - 434.3)

Per la protezione dalle correnti di corto circuito, il dispositivo di protezione selezionato deve essere in grado di interrompere le correnti di corto circuito prima che tali correnti possano diventare pericolose. In particolare devono essere verificate le seguenti condizioni:

$$I_{ccMax} \leq P.d.i. \quad (1.28)$$

dove:

$I_{ccMax}$  = Corrente di corto circuito massima

P.d.i. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione ( $I_k$ )

$$(I^2t) \leq K^2 S^2 \quad (1.29)$$

dove:

- $(I^2t)$  è l'integrale di joule per la durata del corto circuito
- $K$  è un parametro che dipende dal tipo di conduttore e isolamento (dipende dal calore specifico medio del materiale conduttore, dalla resistività del materiale conduttore, dalla temperatura iniziale e finale del conduttore)
- $S$  è la sezione del conduttore
- $t$  è il tempo di intervento del dispositivo di protezione.

La relazione (1.28) assicura che il dispositivo effettivamente interrompa la corrente di c.to c.to evitando conseguenze (incendio, ecc.). La condizione (1.29) assicura l'integrità del cavo oggetto del c.to c.to.

### Protezione contro i contatti indiretti

---

#### Sistema TT (Norma CEI 64-8/4 - 413.1.4)

Nel caso di sistema TT, la protezione dai contatti indiretti è assicurata mediante l'uso di dispositivi di interruzione differenziale e la realizzazione di un impianto di terra che soddisfino la seguente condizione:

$$I_{dn} \leq U_l / R_E \quad (1.30)$$

dove:

- $R_E$  è pari alla resistenza del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse
- $U_l$  è pari a 25 V per i contatti in condizioni particolari, 50 V per i contatti in condizioni ordinarie
- $I_{dn}$  è la corrente differenziale nominale d'intervento del dispositivo di protezione.

## DATI IMPIANTO

Dati generali	
<b>Tipo intervento</b>	Modifiche non sostanziali
<b>Uso edificio</b>	Scolastico
<b>Tipologia di utenza</b>	480 V

Nel successivo paragrafo vengono trattati i singoli circuiti dell'impianto.

## ALIMENTAZIONE "ENEL"

Alimentazione primaria Scuola primaria e secondaria di primo grado nel Comune di Tissi

L'alimentazione "ENEL" è un sistema di distribuzione di tipo TT con connessione trifase e con una tensione di esercizio di 230/400 V; tutti i circuiti saranno di tipo radiale.

La potenza della fornitura è pari a 30.0 kW.

La caduta di tensione massima calcolata è 3.79 %. (La C.d.T. massima ammessa è del 4.00%).