



# COMUNE DI PADOVA

Settore Lavori Pubblici

## PROGETTO ESECUTIVO

### SCUOLE DELL'INFANZIA COMUNALI - REALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO ESTIVO

CUP: H97H21006190007

CROCIFISSO  
WOLLEMBORG  
MAGO DI OZ  
MUNARI  
CREMONESE  
SAN LORENZO  
ROSSI  
SANT'OSVALDO

Progetto: LLPP EDP 2022/050

Nome file:  
APPR\_02\_EDP\_Cap\_Spec\_Tec

Data: 11/04/2023 Rev.02

Oggetto elaborato: **ELABORATI GENERALI**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO -  
NORME TECNICHE**

Sigla elaborato:

**Rel.02**

Progettista:

Ing. Davide Ferro

IPT Project S.r.l.  
Via Uruguay,20  
35127 - Padova



IPT Project srl



Capo settore:

Ing. Matteo Banfi

RUP:

Geom. Renato Gallo

## INDICE

CAPITOLO 1 .....	2
CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI MECCANICI .....	2
1.1 PRESCRIZIONI GENERALI .....	2
1.2 SISTEMA DI PRODUZIONE O DI SOTTRAZIONE DEL CALORE .....	3
1.3 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO DIRETTO.....	5
1.4 POMPE DI CALORE .....	6
1.5 IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO .....	6
1.6 ISOLAMENTO TERMICO DELLE TUBAZIONI E DELLE APPARECCHIATURE .....	9
1.7 LE UNITA' INTERNE .....	11
CAPITOLO 2 .....	12
CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI .....	12
2.1 DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'IMPIANTO AL FINE DELLA SUA IDENTIFICAZIONE .	12
2.2 NORME DI RIFERIMENTO PER GLI IMPIANTI E COMPONENTI.....	12
2.3 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO ELETTRICO, QUALI LE CONDIZIONI DI SICUREZZA, LA DISPONIBILITÀ DI SERVIZIO, LA FLESSIBILITÀ, LA MANUTENIBILITÀ ....	12
2.4 DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	12
2.5 DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....	17
2.6 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI ED EVENTUALI VINCOLI DA RISPETTARE.....	19
Vincoli da rispettare.....	24
2.7 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E SCELTA DEI COMPONENTI ELETTRICI.....	24

# CAPITOLO 1

## CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI MECCANICI

### 1.1 PRESCRIZIONI GENERALI

Gli impianti di riscaldamento e/o condizionamento saranno realizzati in conformità al D.P.R. 412/90 e s.m.i., al D.M. 01 dicembre 1975 e s.m.i. e alle specifiche raccolte e circolari INAIL (ex I.S.P.E.S.L.). Si presterà attenzione, inoltre, ai principi dei D.Lgs. 19 agosto 2005 n. 192, D.Lgs. 29 dicembre 2006 n. 311, D.P.R. 2 aprile 2009 n. 59, Decreti 26 giugno 2015 e alle metodologie e indicazioni tecniche riportate nelle norme UNI ad essi collegate.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

In particolare:

**Per gli impianti di riscaldamento e condizionamento invernale contemplati nell'articolo relativo alle definizioni degli impianti di riscaldamento e condizionamento dell'aria, valgono le seguenti prescrizioni:**

- a) Temperatura esterna - La temperatura esterna minima da tenere a base del calcolo dell'impianto, è quella fissata da progetto.
- b) Temperatura dei locali e grado di regolazione dell'impianto - Con una temperatura massima di 45 °C. dell'acqua misurata alla partenza dal generatore o dallo scambiatore di calore, oppure dal loro collettore, quando trattasi di più generatori o più scambiatori, nel caso di riscaldamento ad acqua calda, l'impianto deve essere capace di assicurare nei locali riscaldati le temperature da progetto.

Le temperature, come prescritto alla precedente lettera b), dovranno essere mantenute con l'utilizzazione di una potenza ridotta rispetto a quella massima risultante dal calcolo, con le varie temperature esterne che si verificassero al disopra di quella minima stabilita alla precedente lettera a).

Definito il fattore di carico  $m$  come rapporto delle differenze tra la temperatura interna media,  $t_1'$ , e la temperatura esterna media  $t_e'$ , misurate all'atto del collaudo, e le corrispondenti temperature interna,  $t_i$ , ed esterna,  $t_e$ , di cui ai punti b) e a):

$$m = \frac{t_1' - t_e'}{t_i - t_e}$$

l'impianto dovrà garantire la temperatura interna con le tolleranze ammesse per valori del fattore di carico compresi tra 0,45 e 1.

Le temperature  $t_i$  e  $t_e'$  devono differire solo delle tolleranze ammesse.

La riduzione di potenza, posta quella massima uguale all'unità, sarà funzione del fattore di carico.

- c) Temperatura dell'acqua - Il valore massimo della differenza di temperatura dell'acqua, tra l'andata ed il ritorno nel generatore di calore, in corrispondenza della massima potenza dell'impianto, dovrà essere:

- per impianti ad acqua calda e circolazione naturale, pari a 20 °C, ed eccezionalmente a 25 °C; in quest'ultimo caso, però, l'eccedenza deve essere chiaramente prospettata e giustificata;
- per impianti ad acqua calda, a circolazione forzata, pari a 10 °C, ed eccezionalmente a 15 °C; anche questo caso deve essere chiaramente prospettato e giustificato.

Per differenze di temperature, nel generatore di calore, maggiori di quelle sopra indicate, devono essere date le giustificazioni tecniche che hanno indotto all'adozione di tali differenze di temperatura.

- d) Ricambi d'aria - Per il riscaldamento diretto con ventilazione naturale si prescrive di considerare per il calcolo del fabbisogno termico 1/2 ricambio all'ora; per il riscaldamento diretto con ventilazione artificiale, per il riscaldamento indiretto con ventilazione meccanica, e per il condizionamento invernale, si prescrivono, per il calcolo della potenzialità dell'impianto, un numero di ricambi d'ora come riportati in relazione tecnica.
- e) Stato igrometrico - Per gli impianti di riscaldamento indiretto con ventilazione meccanica e di condizionamento invernale, l'umidità relativa nei locali nel periodo invernale dovrà essere del 50 % prevedendo per il calcolo un'umidità relativa esterna del 70% corrispondente alla temperatura esterna fissata come alla lett. a).
- f) Preriscaldamento - Lo stato di regime dell'impianto o della parte dell'impianto a funzionamento intermittente di circa 10 ore nelle 24 ore della giornata ed a riscaldamento diretto deve realizzarsi in un periodo di ore 2; tale periodo va ridotto ad 1 ora per la parte a riscaldamento indiretto.

Quanto sopra, dopo una regolare gestione di almeno 7 giorni consecutivi per gli impianti di riscaldamento, esclusi quelli a pannelli, per i quali la gestione sarà elevata a 15 giorni.

Qualora si tratti di funzionamento non giornaliero, ma saltuario e specialmente per lunghi periodi di interruzione di funzionamento, l'impianto dovrà funzionare per il tempo occorrente onde portare le strutture murarie dei locali e più precisamente la superficie interna dei muri pressoché alla temperatura interna stabilita per i locali.

Per costruzioni speciali: edifici con grandi masse murarie, con grandi superfici a vetro con locali in grandecubatura, dovrà essere specificato il tempo di preriscaldamento dell'impianto ed il periodo di uso dei locali.

#### Per il condizionamento d'aria estivo:

- La temperatura esterna e l'umidità relativa da tenere quale base del calcolo sono quelle fissate nel progetto.
- La temperatura dell'aria nei locali da condizionare dovrà essere di 26 °C (normalmente da 4 a 7 gradi inferiore alla temperatura esterna fissata come alla lett. a).

Essendo **te** la temperatura esterna e **ti** la temperatura nei locali da condizionare, i valori di (**te - ti**) vengono fissati tra 4 °C e 7 °C con **te** = 32 °C.

Per **te** > 32 °C i valori (**te - ti**) restano costanti.

Per **te** < 32 °C la variazione di **ti** si determina con la relazione:

$$ti = 22^{\circ}\text{C} + \frac{te - 22}{2}$$

stabilita per

$$(te - ti) = 5^{\circ}\text{C} \quad \text{con } te = 32^{\circ}\text{C}$$

dalla quale risulta che vale a determinare le variazioni di (**te - ti**) per **te** 32 °C per differenze tra **te** e **ti** rispettivamente, di 4 °C; 5 °C; 6 °C; 7 °C.

Valori di

te - ti

Per variazioni di **te** da 32°C a 22°C

- Stato igrometrico - L'umidità relativa dell'aria nei locali da condizionare è stabilita del 50 % e dovrà essere mantenuta costante, anche con le variazioni della temperatura interna nei locali, con una tolleranza ammessa dalla vigente normativa.
- Ricambi di aria - Ai fini della determinazione della potenzialità dell'impianto si prescrivono almeno 40 m<sup>3</sup> a persona all'ora di aria esterna.
- Lo stato di regime con impianto a funzionamento giornaliero intermittente, per circa 10 ore di funzionamento su 24, deve realizzarsi in un periodo di 2 ore. Nel caso si tratti di un diverso periodo di intermittenza, sarà prescritta la durata del relativo avviamento; questo sempre che l'esercizio sia regolarmente gestito da almeno 7 giorni consecutivi.

Qualora si tratti di funzionamento saltuario, non giornaliero, l'impianto dovrà funzionare per il periodo di tempo occorrente a raggiungere, nei locali, il regime con le temperature stabilite.

## 1.2 SISTEMA DI PRODUZIONE O DI SOTTRAZIONE DEL CALORE

La centrale termica e frigorifera ed i condizionatori di aria dovranno essere sistemati in idonei e spaziosi locali, appositamente destinati, di facile accesso ed ingresso sufficientemente arieggiati ed illuminati e rispondenti alle vigenti normative.

I locali della centrale frigorifera e della centrale termica dovranno soddisfare alle disposizioni vigenti per la prevenzione infortuni ed incendi.

#### Generatori di calore ad acqua calda

I generatori di calore, da installarsi in adatto locale, per impianti con potenza nominale superiore a 350 kW, devono essere suddivisi in almeno due unità, come indicato all'art. 5 comma 5 del D.P.R. 412/93 e s.m.i. I generatori devono essere separatamente collegati a due collettori, uno per l'acqua di mandata e l'altro per quella di ritorno.

All'uopo, ciascuna unità deve potersi isolare dai collettori a mezzo di saracinesche, con l'aggiunta dei dispositivi necessari per assicurare la libera dilatazione dell'acqua contenuta nelle caldaie ed escludere così il formarsi di sovrappressione quando le saracinesche sono chiuse.

Per impianti con potenza inferiore o uguale a 350 kW, si dovrà prevedere una sola caldaia, salvo particolari

esigenze, che saranno precisate.

La produzione centralizzata dell'energia termica necessaria al riscaldamento e/o al condizionamento invernale degli ambienti ed alla produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari, deve essere effettuata con generatori di calore separati, come indicato all'art. 5, comma 6, del D.P.R. 412/93 e s.m.i.

Gli impianti di climatizzazione dovranno assicurare, nei casi previsti dal Decreto 26 giugno 2015 'requisiti minimi' un rendimento medio globale stagionale superiore ai limiti calcolati con gli impianti di riferimento definiti nelle Tabelle 7 e 8 dell'Allegato A del decreto.

Il rendimento medio globale stagionale (EtaG) è calcolato come rapporto fra il fabbisogno di energia termica utile ideale del servizio (calcolato con ventilazione di riferimento – UNI/TS 11300-1) e il corrispondente fabbisogno di energia primaria totale.

### **Diagramma di esercizio**

L'Impresa Appaltatrice dovrà produrre il diagramma teorico di esercizio, secondo le prescrizioni di cui all'articolo relativo alle prescrizioni tecniche generali e con l'indicazione delle temperature da mantenere nelle caldaie ad acqua calda o nei dispositivi di trasformazione, al variare della temperatura esterna di mezzo in mezzo grado centigrado. Col minimo valore della temperatura esterna fissata a base del calcolo, la temperatura nelle caldaie o nei dispositivi di cui sopra non deve superare gli 85 °C.

Nel contempo, l'Impresa Appaltatrice dovrà fornire l'indicazione del numero delle caldaie da tenere accese al variare della temperatura esterna.

### **Mezzi refrigeranti**

Quali mezzi refrigeranti dovrà impiegarsi acqua, eccezionalmente salamoia, raffreddata con impianto frigorifero. Questo deve essere composto di:

- una o più unità frigorifere, complete degli accessori inerenti, delle apparecchiature di funzionamento, controllo e sicurezza secondo le prescrizioni dell'I.N.A.I.L.  
La potenza, in Watt, dovrà essere riferita al funzionamento fra -10 °C all'espansione o evaporazione e 40 °C alla condensazione.  
Dovrà essere inoltre indicata la potenza, in Watt, alle condizioni reali di esercizio;
- uno o più evaporatori di tipo chiuso a fascio di tubi, con corrispondenti apparecchiature di separazione, regolazione e rubinetterie;
- uno o più condensatori, di tipo a fascio di tubi raffreddati con acqua di torre o ad aria, oppure evaporativo con i dispositivi inerenti.  
Ove occorra, i condensatori dovranno essere completi di un sottoraffreddatore ricettore del fluido;
- una o più torri evaporative del tipo centrifugo o assiale, ove sia disponibile acqua di reintegro;
- tutte le tubazioni occorrenti, complete di flange, raccordi, rubinetti a valvole, quali:
  - tubazioni prementi ed aspiranti di circolazione del fluido frigorifero tra compressori, condensatori, evaporatori;
  - tubazioni eventuali per la circolazione dell'acqua tra torre evaporative e condensatore.Tutte le tubazioni, dove necessario, dovranno essere isolate termicamente;
- elettropompe occorrenti con rispettiva riserva per la circolazione dell'acqua fredda e refrigerata per gli evaporatori e i condensatori;
- motori elettrici occorrenti per i compressori, con relative trasmissioni, preferibilmente con cinghie trapezoidali, ed apparecchi di comando e protezione.

Per il macchinario frigorifero dovranno inoltre tenersi presenti le seguenti prescrizioni di carattere generale:

- 1) l'impianto frigorifero dovrà, possibilmente, essere costituito da più gruppi compressori del tipo alternativo, centrifugo o a vite e, se conveniente, anche da un sistema di accumulo del freddo e ciò per consentire una opportuna regolazione e riserva;
- 2) l'impianto dovrà essere realizzato in modo da evitare la trasmissione di vibrazioni alle strutture edilizie; ed a tale riguardo i compressori saranno installati con opportuni dispositivi antivibranti. Gli eventuali motori e ventilatori dovranno essere il più possibile silenziosi;
- 3) l'impianto dovrà essere munito di apparecchiature elettriche di sicurezza atte a provocare l'arresto dei compressori per eccesso di pressione del fluido frigorifero e per eccesso di abbassamento di temperatura dell'intermediario frigorifero. Inoltre dovrà essere costruito e munito di accessori, in conformità con le norme dell'I.N.A.I.L.;
- 4) il fluido frigorifero dovrà essere prescelto in relazione alla ubicazione della centrale frigorifera, alle prescrizioni degli organi competenti per la prevenzione infortuni ed incendi, ed alle norme vigenti sull'uso di gas frigoriferi, in particolare alla legge 549/93 e s.m.i.

L'impianto frigorifero dovrà essere MANUALE e completo in ogni suo particolare, e in grado di provvedere al raffreddamento dell'acqua o della salamoia.

L'apparecchio, o gli apparecchi, dovranno essere del tipo MANUALE

Come mezzo intermediario frigorifero, per il trasporto del freddo dall'impianto agli apparecchi raffreddatori dell'aria, è da preferirsi l'impiego di MANUALE.

### 1.3 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO DIRETTO

Il sistema di impianto dovrà essere a ventilconvettori e aria primaria.

a) Circolazione del fluido scaldante - La circolazione nelle condutture ed in tutti i corpi scaldanti deve essere assicurata fornendo le calorie corrispondenti alla frazione della potenza massima fissata nel punto relativo alle prescrizioni per gli impianti di riscaldamento e condizionamento invernale, lett. b).

Negli impianti a circolazione accelerata dovrà verificarsi il libero passaggio dell'acqua, indipendentemente dall'acceleratore, mediante adozione di tipi di pompe costruite allo scopo, oppure mediante bypassaggio, con relative saracinesche.

Il gruppo acceleratore dovrà essere costituito da una o due unità, con altra di riserva, di pari potenza, quando i locali dell'intero edificio devono essere contemporaneamente riscaldati.

Nel caso in cui si abbia la suddivisione dell'impianto in più circuiti, aventi esigenze ed orari di esercizio diversi, ogni circuito dovrà essere servito da una o più unità, di cui una di riserva, per una potenza non inferiore a quella necessaria a ciascun circuito.

Nelle condutture secondarie la velocità dell'acqua non deve, di norma, superare 1 m/s, mentre, in quelle principali, 2 m/s. Qualora, in casi eccezionali, siano previste velocità leggermente maggiori, queste non dovranno essere tali, in nessun caso, da provocare vibrazioni e rumori molesti.

b) Tubazioni - Le tubazioni devono essere incassate nelle murature in modo che siano consentiti loro movimenti per effetti termici, evitando, per quanto possibile, il loro passaggio sotto pavimenti o soffitti. Ove necessario, le tubature saranno termicamente isolate nelle murature. Qualora tale disposizione non venga richiesta e non sia realizzabile, le tubazioni potranno essere in vista, collocate in modo da non riuscire di pregiudizio né all'estetica, né all'uso libero delle pareti, alla distanza di circa 0,03 m dai muri, sostenute da staffe che ne permettano la dilatazione.

Le tubazioni devono seguire il minimo percorso, compatibilmente con il miglior funzionamento dell'impianto, ed essere disposte in modo non ingombrante.

Nel caso non fosse possibile assicurare con altri mezzi il libero scorrimento delle tubazioni attraverso i muri ed i solai, il relativo passaggio dovrà eseguirsi entro tubo murato.

Le colonne montanti e discendenti dovranno essere provviste alle estremità inferiori di valvole di arresto per la eventuale loro intercettazione e di rubinetti di scarico.

Le colonne montanti devono essere provviste alle estremità superiori di prolungamenti per lo scarico automatico dell'aria. Tali prolungamenti saranno collegati - nei loro punti più alti - da tubazioni di raccolta fino al vaso di espansione, oppure fino all'esterno, sopra il livello idrico. Ove occorra, le condotte di sfogo di aria dovranno essere munite di rubinetti di intercettazione. Per impianti in cui siano previsti vasi di espansione chiusi, le tubazioni di sfogo dell'aria potranno essere sostituite da valvole di sfogo automatiche o manuali. Tutte le tubazioni dovranno essere complete dei collegamenti e delle derivazioni, a vite o manicotto, o a flangia, oppure a mezzo di saldature autogene, dei sostegni e fissaggi; le stesse tubazioni dovranno pure essere provviste di valvole di intercettazione delle diramazioni principali e degli occorrenti giunti di dilatazione, in relazione anche alla eventuale esistenza di giunti di dilatazione nelle strutture in cemento armato.

Inoltre tutte le tubazioni correnti in locali non riscaldati dovranno essere rivestite con idoneo materiale isolante termico, secondo quanto indicato nell'allegato B del D.P.R. 412/93 e s.m.i.

L'isolamento dovrà essere eseguito con particolare accuratezza, con i materiali coibenti appropriati, non combustibili né comburenti, non igroscopici, inattaccabili da agenti chimici, fisici e da parassiti.

c) Alimentazione dell'impianto - L'acqua per l'alimentazione dell'impianto sarà derivata dalla rete di distribuzione, nell'interno dell'edificio, nel punto che verrà indicato ed adottata dal serbatoio di carico ad espansione dell'impianto, dovrà inoltre prevedersi lo scarico fino alla chiavichetta più prossima.

Tenendo conto delle caratteristiche dell'acqua a disposizione, che dovranno essere precisate, l'Appaltatore dovrà prevedere un sistema di depurazione per l'acqua di alimentazione, la cui capacità della depurazione deve essere tale da consentire l'alimentazione totale dell'intero impianto per cinque giorni.

d) Vasi di espansione - Quando nei corpi scaldanti circola acqua calda, i vasi di espansione, muniti di coperchio (ma in diretta comunicazione con l'atmosfera) dovranno avere capacità tale da contenere completamente, con sufficiente eccedenza, l'aumento di volume che si verifica nell'acqua esistente nell'impianto in dipendenza della massima temperatura ammessa per l'acqua stessa nelle caldaie ad acqua calda o nei dispositivi di trasformazione.

Quando occorre, i corpi stessi dovranno essere ben protetti contro il gelo a mezzo di idoneo rivestimento coibente e dotati degli accessori, come tubo rifornitore, di spia di sicurezza, in comunicazione con le caldaie e con i dispositivi di cui sopra, e di scarico.

Lo scarico di spia dovrà essere portato in luogo visibile nel locale delle caldaie od in altro locale frequentato continuamente dal personale di sorveglianza.

Nessun organo di intercettazione dovrà essere interposto lungo il tubo di comunicazione tra il vaso di espansione e le caldaie. Il tubo di sicurezza, il vaso di espansione e quanto altro riguarda la sicurezza dell'impianto dovranno essere progettati secondo quanto indicato nella raccolta R.

Qualora si adottano vasi di espansione del tipo chiuso, autopressurizzati o pressurizzati, dovranno essere seguite le indicazioni riportate nella suddetta raccolta R per la progettazione e l'adozione dei sistemi di sicurezza.

e) Corpi scaldanti - Il valore massimo della differenza media di temperatura dell'acqua nei corpi scaldanti tra ingresso ed uscita non dovrà superare i 25 °C negli impianti a circolazione naturale ed i 15 °C negli impianti a circolazione forzata.

La differenza di temperatura dell'acqua, fra andata e ritorno, nelle caldaie o nei dispositivi di cui sopra, dovrà corrispondere alle suddette differenze medie, aumentate dalla caduta di temperatura per trasmissione lungo le tubazioni.

Per i corpi scaldanti, a seconda delle prescrizioni, si potranno adottare radiatori in ghisa, in alluminio o in lamiera di acciaio stampato e saldato elettricamente ed elementi o convettori in tubi ad alette (specificando i materiali con cui essi sono costruiti), tubi lisci, tubi nervati, in ghisa o in acciaio; dove richiesto, per i corpi convettivi si dovrà prevedere la possibilità di collocarli in corrispondenza dei parapetti delle finestre (al di sotto del davanzale) o delle prese d'aria, in modo da poterli far funzionare come riscaldatori dell'aria esterna di ventilazione. Nel caso di termoconvettori dovranno essere precisate le caratteristiche di funzionamento.

Per gli ambienti che presentino speciali esigenze, si dovrà prevedere il tipo di corpi scaldanti più confacenti all'estetica o adatti per essere mascherati.

Per i locali relativi ad ospedali, ambulatori o di igiene, i corpi scaldanti dovranno corrispondere alle particolari necessità dell'utenza e presentare facilità di pulizia e forma idonea a non trattenere la polvere. I corpi scaldanti convettivi dovranno essere sospesi dal pavimento fissati ai muri su adatte mensole e muniti di ogni accessorio.

Ogni corpo scaldante dovrà essere provvisto di valvola a doppio regolaggio ed intercettazione in bronzo, sulla mandata, e di bocchettone di intercettazione, sul ritorno.

L'emissione termica dei corpi scaldanti dovrà essere conforme alle norme UNI EN 442-1-2-3. Il dimensionamento dovrà essere effettuato tenendo conto della effettiva differenza tra la temperatura media del corpo scaldante e quella ambiente.

## **1.4 POMPE DI CALORE**

La produzione dell'acqua calda e refrigerata per gli impianti di condizionamento ed, in alcuni casi, di riscaldamento, dovrà essere ottenuta da sistemi termodinamici del tipo "pompe di calore".

Valgono anche per gli impianti a pompa di calore le norme delle centrali frigorifere.

Le pompe di calore potranno essere del tipo ad aria-aria, aria-acqua, acqua-acqua, secondo disponibilità. Nel caso di riscaldamento invernale con pompe di calore, i corpi scaldanti dovranno essere adatti ad un funzionamento con acqua calda ad una temperatura massima di 45 °C.

## **1.5 IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO**

L'impianto di condizionamento dell'aria dovrà essere del tipo misto aria primaria e ventilconvettori con sistema VRF aria/aria a pompa di calore e costituito da:

- Unità esterna ad espansione diretta a pompa di calore;
- Unità interne ad espansione diretta per il riscaldamento/raffrescamento degli ambienti;
- regolatori elettrici di temperatura.

Il condizionamento dell'aria, effettuato mediante una o più unità, disposte in posizione il più possibile centralerispetto ai locali compresi nel loro raggio d'azione, dovrà essere eseguito in condizionatori contenenti i dispositivi per il condizionamento, di seguito specificati.

### **Tubazioni: disposizioni generali**

Nella posa in opera della tubazioni si dovranno adottare gli opportuni accorgimenti al fine di consentire la libera dilatazione, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti di muri, solai, ecc..

Per le tubazioni contenenti fluidi a temperatura diversa da quella atmosferica, per i tratti con notevole sviluppo, evitando possibilmente il loro passaggio sotto pavimento o soffitti, e dovranno essere sempre idoneamente isolate in modo che le perdite di temperatura non siano superiori a 0,1 gradi centigradi per ogni metro lineare.

Qualora tale disposizione non sia realizzabile, le tubazioni potranno essere in vista, collocate in modo da non pregiudicare l'estetica od il libero uso delle pareti, sostenute da supporti e staffe che ne permettano la dilatazione ed in modo che siano garantite le regolari pendenze.

Devono comunque seguire il minimo percorso per un miglior funzionamento dell'impianto.

Tutte le tubazioni in genere devono essere complete di collegamenti e delle derivazioni a vite ed a manicotto od a flangia, oppure a mezzo di saldature autogene, dei sostegni e fissaggi. Devono pure essere provviste di organi di intercettazione delle diramazioni principali e degli occorrenti giunti di dilatazione nelle strutture in c.a..

## **Tubazioni in rame uso frigorifero per VRF**

Si utilizzeranno tubazioni in rame per l'alimentazione di tutte le unità terminali a partire dall'unità esterna.

### **Qualità dei materiali**

Le tubazioni in rame trafilato dovranno essere conformi alle norme L.W.C. EN 12735-1 disossidato al fosforo di qualità Cu-DHP UNI 5649/71 Cu+Ag 99,90% min, trafilato secondo la norma ASTM.B.68/86 con procedimento conforme ai requisiti ISO-9002 UNI-EN 29002. Essi dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

lega: Cu DHP CW024A secondo UNI EN 1412 (C 12200 secondo ASTM B 111/M)

punto di fusione: 1083 °C

rugosità assoluta:  $e = 0,0015$  mm (bassa perdita di carico)

Coefficiente di dilatazione termica lineare:  $a = 0,0168$  mm/m °C 1,2 mm/m con  $\Delta T = 70$  °C

Dilatazione termica:  $a = 0,0168$  mm/m °C 1,2 mm/m con  $\Delta T = 70$  °C

Conducibilità termica:  $\lambda = 364$  W/mK a 20 °C

Stato fisico: R 220 secondo UNI EN 12735-1

Carico unitario a rottura:  $R_{min} \geq 220$  MPa (N/mm<sup>2</sup>)

Allungamento percentuale:  $A5_{min} > 45\%$  lucida

Superficie interna: pulizia interna secondo UNI EN 12735-1

Le caratteristiche meccaniche, le dimensioni e le tolleranze di lavorazione sono rispondenti alla vigente normativa UNI 10376 - ASTM-B-280, DIN 1786.

Esse dovranno essere realizzate con trattamento antiossidante con gas inerte iniettato in trafilatura, assicurante pulizia e deumidificazione interna, con sigillatura terminale.

Tutte le tubazioni dovranno essere marcate dall'Ente di controllo per l'individuazione della serie di appartenenza.

### **Caratteristica dell'isolamento**

È ammesso un isolamento realizzato in polietilene espanso a cellule chiuse. I dati caratteristici del materiale dovranno essere i seguenti:

- Valore medio del fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo " $\mu$ " 14000;
- Densità media del rivestimento 33 kg/m<sup>3</sup>;
- Esente da residui ammoniacali;
- Ottima resistenza agli agenti chimici esterni;
- Non infiammabile classe 1 (D.M. 26/06/84);
- Esente da CFC e HCFC (reg. CEE/UE 2037/2000).

### **Precisazione su impianti VRF**

Giova ricordare che, data la particolare caratteristica dell'impianto, è di fondamentale importanza che il personale che provvederà all'esecuzione della rete di tubazioni per il gas freon sia altamente specializzato e che abbia pratica nella materia degli impianti frigoriferi.

Prima di essere posti in opera i tubi dovranno essere accuratamente puliti con flusso di azoto in alta pressione e mantenute ben chiuse e in pressione fino al momento del collegamento alle macchine. In fase di montaggio le loro estremità libere dovranno essere protette per evitare l'intromissione accidentale di materiali che possano in seguito provocarne l'ostruzione.

### **Collegamenti delle tubazioni di rame**

Il collegamento dei tubi in rame dovrà essere eseguito mediante saldatura con apporto di materiale. Il materiale di saldatura dovrà essere in lega a tenore d'argento.

Per il collegamento del tubo di rame alle valvole o agli attacchi di apparecchiature si dovranno impiegare raccordi a saldare con attacco filettato di tipo adatto a garantire la perfetta tenuta in funzione delle pressioni di prova.

Le tubazioni di rame in rotoli dovranno essere raddrizzate accuratamente e apparire perfettamente parallele e distanziate uniformemente e dovranno essere staffate, nei tratti aerei, su canalina metallica di dimensioni adeguate.

Tutte le tubazioni dovranno essere contraddistinte da opportune indicazioni in merito a natura e pressione del fluido convogliato.

La tecnica di saldatura sarà una brasatura. Poiché la brasatura sfrutta lo spazio capillare tra le superfici unite per ottenere la resistenza adesiva, è necessario assicurare una profondità abbastanza ampia d'inserzione dei due tubi e anche un gioco corretto tra le superfici da unire. La profondità d'inserzione minima dei giunti dei tubi di rame, i diametri esterni dei tubi e il gioco tra i diametri interni ed esterni dei tubi sono mostrate nella tabella seguente.

### **Carica di refrigerante aggiuntiva**

Prima di eseguire la carica del refrigerante sarà necessario eseguire il vuoto all'interno del circuito, la



ricerca delle perdite e l'eventuale ripristino.

Porre la bombola refrigerante sulla bilancia elettronica e collegare i tubi di collegamento sulla bombola e sull'attacco di connessione della bilancia elettronica.

Assicurarsi di fare l'installazione in modo che il liquido possa essere caricato. Quando si utilizza una bombola dotata di un sifone, si può caricare il liquido senza rigirarla all'ingiù.

Collegare il tubo di carica del gruppo manometro all'attacco di collegamento della bilancia elettronica.

Aprire la valvola della bombola del refrigerante, e dopo aver aperto un poco la valvola di carica, chiuderla.

Dopo aver caricato il liquido refrigerante nel climatizzatore chiudendo, la valvola di carica, terminare l'operazione chiudendo completamente la valvola del gruppo manometrico.

Rimuovere velocemente il tubo di carica dall'attacco di servizio.

Dopo aver riavvitato i tappi sull'attacco di servizio e sulla valvola di controllo, controllare la periferia dei tappi per verificare che non ci sia perdita di gas.

### **Tubazioni in polipropilene per scarico condensa**

Verranno adoperate nell'esecuzione dell'impianto di allontanamento di acque di condensa.

I manufatti di cui sopra dovranno avere i marchi di conformità dell'Istituto Italiano dei Plastici (I.I.P.) e dovranno essere corrispondenti alle norme UNI.

Il materiale dovrà presentare superfici lisce, integre e non deformate; la massima cautela dovrà essere osservata durante le operazioni di trasporto, carico, scarico e accatastamento.

I tipi, le dimensioni, le caratteristiche e le modalità di prova dei tubi di poli-cloruro di vinile dovranno corrispondere alle norme di unificazione UNI 5443-64; UNI 5444-64; UNI 7447-75 ed eventuali successive modificazioni o integrazioni, nonché a quanto prescritto nei progetti di norme di UNI unificazione UNI-PLAST CT 246 per tubi di P.V.C. rigido per condotte di scarico interrate e alle norme di unificazione UNI I7613, UNI 8452, alle prescrizioni del progetto UNI-PLAST 348 ed eventuali successive modificazioni o integrazioni, per tubi di polietilene per condotte di scarico interrate. Tubazioni e raccordi dovranno avere i marchi dell'Istituto Italiano dei Plastici (I.I.P.) e sopra ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile e indelebile, il nominativo della ditta costruttrice, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e della pressione di esercizio.

I giunti e la realizzazione degli stessi dovranno rispettare le modalità precisate al successivo punto.

### **Ancoraggi delle tubazioni**

Tutti gli staffaggi, i sostegni e gli ancoraggi delle tubazioni saranno realizzati in profilati di acciaio fissati saldamente alle strutture.

I supporti scorrevoli, ove necessari, saranno del tipo ad attrito radente. Ove necessario i supporti scorrevoli saranno del tipo a rulli con perni in acciaio inox e boccole autolubrificanti.

Per le tubazioni coibentate i supporti saranno rispondenti a quanto riportato nel successivo paragrafo "Isolamento termico delle tubazioni".

Le guide saranno realizzate come i supporti scorrevoli ed inoltre dovranno impedire i movimenti laterali delle tubazioni consentendo solo lo spostamento assiale.

La sospensione delle tubazioni potrà essere effettuata anche con collari pensili regolabili. In questo caso per ancoraggi multipli si dovranno impiegare appositi profilati.

I supporti e gli ancoraggi dovranno essere disposti ad un interasse non superiore a quello indicato nella tabella seguente.

DIAMETRO NOMINALE (DN)	INTERASSE MASSIMO (m)
1/2"	1,5
3/4"	2,0
1"	2,0
1 1/4"	2,5

In presenza di fasci tubieri con tubi di diametri diversi si adotteranno, per i supporti, gli intervalli relativi ai tubi di minor diametro.

Supporti dovranno essere previsti in prossimità di valvole, cambiamenti di direzione, giunti o altri apparecchi che possono dar luogo a flessioni.

### **Installazione delle tubazioni**

I diametri, i raccordi, le pendenze delle tubazioni in genere devono essere tali da garantire il libero deflusso dei fluidi in esse contenuti, senza dare luogo a ostruzioni o comunque a depositi che possano, col tempo, comprometterne la funzione.

Nei punti alti delle distribuzioni saranno previsti sistemi di sfogo aria, costruiti da barilotti e da valvoline di sfiato e nei punti bassi un sistema di scarico dell'acqua (con imbuto di raccolta acqua, il tutto con collegamento alla fognatura).

Quando le tubazioni passano attraverso i muri o pavimenti, saranno protetti da manicotti in ferro dello spessore di 2 mm fino alle superfici esterne, per permettere la dilatazione e l'assestamento, oppure con fasciatura di 5cm di lana minerale e guaina di protezione, per evitare rotture ai muri in conseguenza delle dilatazioni.

Non sono permessi tagli ed indebolimenti delle strutture onde facilitare la posa in opera dei tubi. Tutte le sbavature saranno eliminate dai tubi prima della posa in opera.

## **1.6 ISOLAMENTO TERMICO DELLE TUBAZIONI E DELLE APPARECCHIATURE**

### **Utilizzo**

Tutte le tubazioni percorse da fluidi a temperatura diversa da quella atmosferica dovranno essere coibentati come appresso descritto.

### **Qualità dei materiali**

Essi dovranno avere classe 1 di resistenza al fuoco. Gli isolamenti inoltre dovranno portare ben visibili i contrassegni distintivi dei circuiti di appartenenza delle tubazioni e del tipo di fluido trasportato.

Gli spessori, se non specificati, dovranno essere conformi a quanto previsto dal D.P.R.412/93 all. B per il contenimento dei consumi energetici.

### **Coibentazione per tubazioni convoglianti fluido caldo**

Per le tubazioni che convogliano fluidi a temperatura superiore a quella dell'ambiente nel quale sono installate sono ammesse coibentazioni in guaine in neoprene.

Le tubazioni delle reti di distribuzione dei fluidi caldi in fase liquida o vapore degli impianti termici devono essere coibentate con materiale isolante il cui spessore minimo è fissato dalla seguente tabella in funzione del diametro della tubazione espresso in mm e della conduttività termica utile del materiale isolante espressa in W/m°C alla temperatura di 40°C.

Per valori di conduttività termica utile dell'isolante differenti da quelli indicati in tabella, i valori minimi dello spessore del materiale isolante sono ricavati per interpolazione lineare dei dati riportati nella tabella stessa. I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti al di qua dell'isolamento termico dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato ed i relativi spessori minimi dell'isolamento che risultano dalla tabella 1, vanno moltiplicati per 0,5.

Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati gli spessori di cui alla tabella 1, vanno moltiplicati per 0,3.

### **Coibentazione per tubazioni convoglianti fluido freddo**

Per le tubazioni che convogliano fluidi refrigerati o refrigeranti:

- elastomero sintetico a cellule chiuse altamente flessibile caratteristiche:
  - temp. interna massima 100°C
  - temp. interna minima - 20°C
- Coefficiente di permeabilità al vapore acqueo ( $\delta$ ):
  - Permeabilità:  $\delta \leq 0,09 \times 10^{-9} \text{ kg/m.h.Pa.}$
  - Reazione al fuoco: classe 1 post. Combustione assente non propagatore di fiamma.

### **Coibentazione per tubazioni convoglianti, fluidi caldi e freddi**

Sarà adottato il materiale adoperato per i fluidi freddi ma nello spessore che risulterà maggiore fra le due (solo caldo o solo freddo).

### **Modalità di esecuzione**

Le guaine dovranno normalmente essere infilate; dove ciò non fosse possibile, la guaina installata tramite taglio longitudinale, dovrà essere sigillata con apposito collante e la giunzione coperta con adatto nastro autoadesivo.

Anche le giunzioni di testa tra le guaine dovranno essere sigillate perfettamente tramite collante. L'esecuzione di tutte le giunzioni dovrà costituire una perfetta barriera al vapore. Il collante ed il nastro autoadesivo utilizzati a tale scopo dovranno essere della marca e del tipo previsto dal costruttore del materiale isolante.

L'esecuzione dell'isolamento dovrà rispettare tassativamente il manuale di montaggio della Ditta costruttrice.

Nel caso di tubazioni installate nelle centrali o sottocentrali tecnologiche, ovvero alle intemperie, dovrà essere installato, a protezione delle tubazioni anzidette, un rivestimento in alluminio calandrato avente spessore non inferiore a 6/10 mm. Il lamierino di alluminio verrà fissato mediante viti autofilettanti in acciaio inox. Le testate terminali dovranno essere rifinite con lamierini di alluminio.

L'isolamento dovrà avere soluzione di continuità; le sezioni di inizio e di fine dovranno essere accuratamente sigillate.

All'esterno dell'isolamento dovranno essere riportate apposite targhette indicanti il circuito di appartenenza del fluido convogliato e la direzione del flusso.

Tutto il valvolame relativo alle tubazioni in oggetto sarà coibentato con lo stesso materiale e chiuso con scatole presagomate apribili con cerniere e clips, in lamierino di alluminio di spessore 8/10.

### **Staffaggi di tubazioni coibentate**

La coibentazione dovrà essere continua. Non saranno ammesse discontinuità di nessun genere. Nei punti in cui la tubazione dovrà essere appoggiata alle staffe di sostegno, si dovrà mettere (qualunque sia il tipo di materiale prescelto) una coppella rigida di sughero o altro materiale idoneo approvato dalla D.L., per una lunghezza di circa 25 o 30 cm, la quale poggerà su di una sella in lamiera (o spezzone di tubo) di circa uguale lunghezza; il tutto sarà fasciato con idonea barriera al vapore e finitura come già descritto.

### **Pompe di calore VRF**

Le pompe di calore scelte per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti dovranno essere del tipo VRF a portata di refrigerante variabile funzionante con gas refrigerante R410a, idonea per installazione all'esterno, raffreddata ad aria, costituita da struttura in lamiera d'acciaio autoportante e pannelli asportabili per la manutenzione.

Saranno installate all'esterno sul terrazzo di copertura. Esse saranno otto trenini a servizio dei vari piani dell'edificio "K".

Trattandosi di unità modulari saranno installati a seconda della potenza richiesta in numero di moduli diversi che nella loro globalità erogheranno la potenza termica e frigorifera necessario per gli ambienti da trattare.

### **Caratteristiche della Pompa di Calore**

Ogni modulo della pompa di calore dovrà essere equipaggiato con:

- scambiatore di calore realizzato con tubi di rame alettati in alluminio, suddiviso in più sezioni; ventilatore di tipo elicoidale modulante, con mandata dell'aria verticale/orizzontale e aspirazione sui 2/4 lati, per la massima circolazione dell'aria anche in presenza di ostacoli.
- compressori ermetici di tipo Twin Rotary ad alta efficienza equipaggiati ciascuno con Inverter a controllo vettoriale di tipo IPDU, con campo di modulazione della potenza compreso tra il 16% ed il 100%. Possibilità di collegamento fino a un massimo di 48 unità interne, con potenzialità totale delle unità interne collegate comprese tra il 50% il 135% della potenzialità dell'unità esterna.
- valvola di ritegno sulla mandata dei compressori, separatore dell'olio, valvola a 4 vie, valvole solenoidi, ricevitore di liquido, accumulatore del gas, sonde di alta e bassa pressione, pressostati di sicurezza.
- Display a 5 cifre in grado di fornire informazioni di servizio, manutenzione e assistenza; posizionato a bordo della scheda principale in posizione di facile lettura.

L'unità dovrà essere attivata esclusivamente dal Costruttore, al fine di verificare la corretta configurazione del sistema.

### **Modalità di installazione della Pompa di calore**

I vari gruppi pompe di calore dovranno essere posati su di un basamento in calcestruzzo livellato ed in piano che sarà posto esternamente al teatro ove indicato sui grafici di progetto.

L'ubicazione del gruppo dovrà essere effettuata nel rispetto degli spazi necessari alla manutenzione dichiarati dal Costruttore.

Il gruppo sarà collegato fluidificamente alla restante parte del circuito, a mezzo di connessioni saldate.

### **Controlli e collaudi**

Le operazioni di controllo e collaudo comprenderanno:

- accertamento qualitativo secondo le specifiche di qualità dei materiali, controllando la rispondenza delle caratteristiche e delle prestazioni dichiarate dal Costruttore;
- verifica dell'intervento degli organi di sicurezza e segnalazione, quali pressostato massima pressione, ecc;
- verifica presentazione dei certificati di omologazione, delle apparecchiature componenti soggette.

### **Trasporto delle pompe di calore**

Il trasporto sul sito di posa in opera della pompa di calore sarà effettuato dalla Ditta Appaltatrice mediante autogrù o altri mezzi meccanici adeguati al sito di installazione e alla distanza da coprire. Tutte le attività per la realizzazione in sicurezza dell'operazione di trasporto devono essere concordate con la Direzione dei lavori e con il Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione (CSE). La ditta Appaltatrice dovrà farsi carico di ottenere tutte le autorizzazioni necessarie, da parte delle autorità locali addette al controllo del traffico (VV.UU), per la organizzazione dei tempi e degli spazi di sosta dell'autogrù.

Diverse soluzioni che la ditta Appaltatrice volesse proporre saranno valutate dalla Stazione Appaltante e dalla Direzione dei lavori purché non comportino aumento della spesa.

## 1.7 LE UNITA' INTERNE

### Qualità dei materiali

Le unità interne saranno del tipo a muro per installazione sulla parete, ovvero ad incasso orizzontale. Caratteristiche:

- mandata dell'aria nella parte frontale bassa, con aletta direttrice regolabile;
- ventilatore direttamente accoppiato a motore con regolazione continua della velocità di rotazione, con protezione elettrica tramite interruttore termico;
- filtro in fibra rigenerabile e lavabile;
- batteria ad espansione diretta a più ranghi con tubi di rame alettati in alluminio;
- bacinella raccolta condensa
- morsettiera per collegamenti elettrici.

Tutte le unità interne dovranno inoltre avere le seguenti caratteristiche tecniche:

- Alimentazione: monofase 230 V – 50 Hz.,
- Batteria di scambio termico: con tubi di rame alettati in alluminio;
- Ventilatore/i: centrifugo;
- Motore: modulazione continua;
- Refrigerante: R410A.

Dispositivi di sicurezza:

- protezione termica di sicurezza del motore del ventilatore.

Ogni unità sarà munita di targhetta con sopra indicati:

- modello;
- caratteristiche della corrente elettrica di alimentazione;
- potenza elettrica assorbita.

Le unità interne dovranno assicurare un funzionamento silenzioso.

### Modalità di esecuzione

Le unità interne saranno fissate mediante tasselli alla muratura.

Dovranno essere rispettate le prescrizioni del Costruttore per spazi manutentivi e circolazione aria.

Le tubazioni e le valvole eventuali dovranno essere isolate termicamente; l'isolamento non dovrà presentare alcuna soluzione di continuità così da costituire una perfetta barriera vapore e anticondensa.

La bacinella di scarico condensa verrà collegata alla rete di scarico condensa mediante tubo di gomma fissato mediante fascette stringitubo.

L'utilizzo del tubo di gomma è ammesso esclusivamente all'interno della carcassa del mobiletto.

I collegamenti elettrici dovranno essere effettuati in accordo alle norme CEI vigenti al momento dell'installazione.

### Controlli e collaudi

Verrà verificata la resa dell'apparecchio, la portata d'aria collegamento tra le tubazioni e le batterie, che dalle batterie stesse alla massima pressione e temperatura di funzionamento del ventilconvettore.

Verrà inoltre verificata l'esecuzione della coibentazione termica di tubazioni e valvole, il rispetto dei livelli di rumorosità, ed il funzionamento delle apparecchiature elettriche sia di accensione che di controllo e sicurezza.

### Caratteristiche prestazionali

Nella verifica delle potenze sarà ammesso uno scarto non superiore al 5% tra la potenza dichiarata dal costruttore e quella indicata nell'elenco dei prezzi.

### Regolazione della temperatura singoli ambienti

Il sistema di regolazione della temperatura prevede una regolazione per singolo ambiente.

Il sistema di regolazione elettronica della temperatura interna sarà integrato e fornito dal sistema proprietario dell'impianto di climatizzazione.

La regolazione permetterà sia il comando delle unità interne che dei recuperatori di calore e di conseguenza delle unità esterne.

La regolazione della temperatura per singolo ambiente sarà composto da:

I regolatori della temperatura ambiente saranno posti direttamente nell'ambiente controllato.

## **CAPITOLO 2**

### **CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI**

#### **2.1 DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'IMPIANTO AL FINE DELLA SUA IDENTIFICAZIONE**

L'impianto oggetto di nuova realizzazione, si estende all'interno dell'impianto di raffrescamento ambiente è al servizio di utilizzatori elettrici.

Il presente progetto degli impianti elettrici, si estende dal quadro generale bassa tensione, fino agli utilizzatori esclusi.

Sono esclusi dal progetto gli impianti elettrici a bordo macchina e gli utilizzatori mobili.

Alla presente relazione tecnica vengono quindi allegati i documenti di progetto specificati nell'elenco.

#### **2.2 NORME DI RIFERIMENTO PER GLI IMPIANTI E COMPONENTI**

La CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua.

#### **2.3 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO ELETTRICO, QUALI LE CONDIZIONI DI SICUREZZA, LA DISPONIBILITÀ DI SERVIZIO, LA FLESSIBILITÀ, LA MANUTENIBILITÀ**

Nella realizzazione del presente progetto, in osservanza alle disposizioni normative e di legge, è stata presentata particolare attenzione alla sicurezza delle persone, sia in relazione alla protezione contro i contatti diretti, sia alla protezione contro i contatti indiretti. A tale scopo sono previsti: barriere ed ostacoli e gradi di protezione idonei all'installazione.

L'interruzione automatica dell'alimentazione è tramite l'utilizzo di interruttori differenziali esistenti e di nuova installazione.

In condizioni di ordinario funzionamento l'impianto è alimentato dalla rete del distributore.

L'impianto è un luogo di lavoro, la manutenzione ordinaria e straordinaria viene eseguita da personale esperto.

Il proprietario dell'impianto adotta le misure necessarie per conservarne le caratteristiche di sicurezza previste dalla normativa vigente in materia, tenendo conto delle istruzioni per l'uso e la manutenzione predisposte dall'impresa installatrice dell'impianto e dai fabbricanti delle apparecchiature installate. Resta ferma la responsabilità delle aziende fornitrici o distributrici, per le parti dell'impianto e delle relative componenti tecniche da loro installate o gestite. (art.8 comma2 DM 37/08).

Il committente è tenuto ad affidare i lavori di installazione, di trasformazione, di ampliamento e di manutenzione straordinaria degli impianti indicati all'art.1 comma 2 DM 37/08, ad imprese abilitate ai sensi dell'art. 3 DM 37/08.

#### **2.4 DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

##### **Misure di sicurezza**

Gli impianti, dovranno essere costruiti in modo da consentire al personale addetto all'esercizio della manutenzione di circola e intervenire in sicurezza in ogni punto dell'impianto, secondo le circostanze, nell'ambito dei propri conti e delle autorizzazioni concesse. Le operazioni specifiche di manutenzione, preparazione dei lavori e riparazione che dovranno essere effettuate in prossimità delle parti attive o sulle stesse, dovranno essere eseguite osservando le regole, le procedure e le distanze del lavoro stabile nelle norme CEI-EN 50110-1 e CEI-EN 50110-2 "Esercizio degli impianti elettrici". Le modalità dei lavori, che richiedono autorizzazioni specifiche, sono stabilite dalle norme specifiche.

##### **Protezione mediante bassissima tensione: SELV e PELV**

La protezione contro i contatti diretti e indiretti è considerata assicurata quando:

- La tensione non supera 50V, valore efficace in c.a. e 120V in c.c. non ondulata.
- L'alimentazione proviene da un sistema SELV o PELV.
- Sono soddisfatte le condizioni di installazione dei circuiti indicate al punto 411.1.3., ed inoltre quelle di cui in 411.1.4 per i circuiti SELV, oppure quelle di cui 411.1.5. per i circuiti PELV.

##### **Sorgenti per SELV e PELV**

- Un trasformatore di sicurezza rispondenti alle prescrizioni di sicurezza della Norma CEI EN 61558-2-6 (CEI 96-7)
- Una sorgente che presenta un grado di sicurezza equivalente a quello del trasformatore di sicurezza.
- Una sorgente elettrochimica (es. una batteria) indipendente o separata mediante separazione di protezione da circuiti FELV o circuiti a tensione più elevata.
- Altre sorgenti indipendenti da circuiti FELV o circuiti di tensione più elevata (es. un gruppo elettrogeno).

- Alcuni dispositivi elettrogeni rispondenti a Norme appropriate per i quali siano stati adottati provvedimenti tali da assicurare che, anche in caso di guasto interno, la tensione ai morsetti di uscita non possa superare i valori sopra specificati. Tensioni superiori ai morsetti di uscita sono tuttavia ammesse, in caso di PELV, se ci si assicura che, in caso di contatti indiretti, la tensione ai morsetti d'uscita sia ridotta nei tempi previsti a valori non superiori a quelli specificati sopra.

#### **Condizioni d' installazione dei circuiti**

Le parti attive dei circuiti SELV e PELV devono essere separate le une dalle altre, dai circuiti FELV e da circuiti a tensione più elevata mediante separazione di protezione.

La separazione di protezione dei conduttori dei circuiti di ogni sistema SELV e PELV ed i conduttori di qualsiasi altro circuito deve essere realizzata ricorrendo ad uno dei seguenti metodi:

- mediante conduttori separati materialmente;
- con i conduttori dei circuiti SELV e PELV muniti, oltre che del loro isolamento principale di una guaina isolante;
- con i conduttori dei circuiti a tensione diversa separati da uno schermo o da una guaina metallica messi a terra.

Circuiti a tensione diversa possono essere contenuti in uno stesso cavo multipolare o in uno stesso raggruppamento di cavi, a condizione che i conduttori dei circuiti SELV e PELV siano isolati nell'insieme o individualmente per la massima tensione presente.

Le prese a spina SELV e PELV devono soddisfare i seguenti requisiti:

- le spine non devono poter entrare di altri sistemi elettrici,
- le prese non devono permettere l'introduzione di spine di altri sistemi elettrici;
- le prese e le spine dei circuiti SELV non devono aver un contatto per il collegamento del conduttore di protezione;
- le prese e le spine dei circuiti PELV possono avere un contatto per il collegamento del conduttore di protezione.

#### **Prescrizioni riguardanti solo il circuito SELV**

Le parti attive dei circuiti SELV non devono essere collegate a terra e neppure a parti attive od a conduttori di protezione che facciano parte di alcuni circuiti.

Le masse non devono essere intenzionalmente collegate:

- a terra
- a conduttori di protezione od a masse di altri circuiti elettrici
- a masse estranee

Se la tensione nominale supera 25V, valore efficace in c.a., oppure 60V in c.c., non ondulata, la protezione contro contatti diretti deve essere assicurata da:

- barriere od involucri aventi un grado di protezione non inferiore a IPXXB, oppure
- isolamento in grado di sopportare una tensione di prova di 500V, valore efficace per 1 min., o in accordo con le relative norme di prodotto.

Se la tensione nominale non supera 25V, valore efficace in c.a. oppure 60V in c.c., non ondulata, la protezione contro i contatti diretti è generalmente assicurata; le condizioni di influenze esterne che si riscontrano negli ambienti e nelle applicazioni particolari la rendono in certi casi necessaria. (Norma CEI-64-8/7).

#### **Prescrizioni riguardanti solo il circuito PELV**

Quando i circuiti sono collegati a terra e non è richiesto dalla Norma il sistema SELV, si devono soddisfare le seguenti prescrizioni:

- la protezione contro i contatti diretti deve essere assicurata da:
  - barriere o involucri aventi grado di protezione non inferiore a IPXXB, oppure
  - un isolamento in grado di sopportare una tensione di prova di 500V, valore efficace per 1 minuto o in accordo con le relative norme di prodotto;
- la protezione contro i contatti diretti secondo il punto precedente non è necessaria se il componente elettrico si trova all'interno o all'esterno di un edificio dove sia stato effettuato il collegamento equipotenziale principale e il collegamento di terra e le masse di un sistema PELV siano connesse con un conduttore di protezione al collettore principale di terra e la tensione nominale non superi 25V, valore efficace in corrente alternata oppure 60V in corrente continua non ondulata. In ogni caso la protezione contro i contatti diretti non è richiesta quando la tensione nominale del sistema PELV non supera 12V in corrente alternata o 30V in corrente continua.

#### **Prescrizioni riguardanti solo il circuito FELV**

Se il trasformatore è ordinario e le condutture non sono separate dal resto dell'impianto il sistema è FELV, quest'ultimo è un sistema pericoloso. Le masse dei circuiti FELV devono essere collegate a terra nel

rispetto della norma CEI 64-8 anche se manca il morsetto di terra.

Per i sistemi FELV è necessario quindi la protezione tramite interruttore differenziale, per la protezione contro i contatti indiretti. La protezione contro i contatti diretti invece, si devono impiegare almeno gradi di protezione IPXXD o IPXXB o l'isolamento delle parti attive corrispondente alla tensione minima richiesta per il circuito primario.

### **Protezione mediante interruzione dell'alimentazione**

Un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito od al componente elettrico, che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti, in modo che, in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico, tra una parte attiva ed una massa o conduttore di protezione, non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale. Tuttavia indipendentemente dalla tensione di contatto, in alcune circostanze è permesso un tempo di interruzione, il cui valore dipende dal tipo di sistema, non superiore a 5s oppure 1s.

### **Messa a terra**

Le masse devono essere collegate ad un conduttore di protezione nelle condizioni specifiche di ciascun modo di collegamento a terra. Le masse simultaneamente accessibili devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

### **Collegamenti equipotenziali**

Le masse devono essere collegate ad un conduttore di protezione nelle condizioni specifiche di ciascun modo di collegamento a terra. Le masse simultaneamente accessibili devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

### **Collegamento equipotenziale principale**

In ogni edificio il conduttore di protezione, il conduttore di terra, il collettore principale di terra e le seguenti masse estranee e/o parti conduttrici devono essere connesse al collegamento equipotenziale principale:

- i tubi alimentanti servizi dell'edificio, per esempio acqua e gas;
- le parti strutturali metalliche dell'edificio e canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento d'aria;
- le armature principali del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici, se praticamente possibile.

Quando tali parti conduttrici provengono dall'esterno dell'edificio, esse devono essere collegate il più vicino possibile al loro punto di entrata nell'edificio.

### **Collegamento equipotenziale supplementare**

Se le condizioni per l'interruzione automatica indicate in precedenza non possono essere soddisfatte in un impianto o in una sua parte, si deve realizzare un collegamento equipotenziale supplementare che comprenda tutte le masse simultaneamente accessibili di componenti fissi dell'impianto e tutte le masse estranee, comprese le armature principali del cemento armato utilizzato nella costruzione degli edifici, se praticamente possibile.

Quando esitano dubbi sulla efficacia del collegamento equipotenziale locale connesso a terra, si deve accettare che la resistenza **R** tra ogni massa estranea simultaneamente accessibile soddisfi la seguente relazione:

$$R \leq U/I_a$$

dove:

**I<sub>a</sub>** è la corrente (in A che provoca il funzionamento automatico entro 5 s del dispositivo contro le sovracorrenti).

Il collegamento equipotenziale supplementare è anche richiesto in alcune Sezioni della parte 7 della norma CEI 64-8, per maggiore sicurezza anche quando i dispositivi di protezione rispettano i tempi di interruzione dell'alimentazione. In tal caso non è richiesto di soddisfare le condizioni della formula di cui sopra.

### **Sistemi TT**

Il sistema utilizzato per la distribuzione è il TT dove:

- T = collegamento diretto a terra del punto di un sistema (neutro)
- T = collegamento a terra delle masse di un impianto elettricamente indipendente

Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Il punto neutro o, se questo non esiste, un conduttore di linea, di ogni trasformatore o di ogni generatore, in modo da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al

dispersore di resistenza di terra  $R_e$ .

Nei sistemi TT di devono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale.

Dovrà essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_e < U/I_{dn}$$

dove:

**$R_e$**  è la resistenza del dispersore in ohm

**$U$**  è la tensione di sicurezza

**$I_{dn}$**  è la corrente nominale differenziale in Ampere

Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1 s.

Per ragioni di selettività, si possono usare dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo S in serie con dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo generale.

$$I_a \leq U_0/Z_s$$

dove:

**$I_a$**  è la corrente che determina l'intervento del dispositivo posto a protezione del circuito, se si utilizzano interruttori differenziali  $I_a = I_{dn}$

**$U_0$**  è la tensione verso terra del sistema

**$Z_s$**  è l'impedenza dell'anello di guasto

Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 5 s, mentre nei circuiti terminali un tempo non superiore a 0,4 s.

### **Protezione delle condutture contro le sovracorrenti**

I conduttori attivi devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompano automaticamente l'alimentazione quando si produce un sovraccarico o un cortocircuito con l'eccezione del caso in cui la sovracorrente sia limitata.

I dispositivi che assicurano la protezione sia contro i sovraccarichi sia contro i cortocircuiti dovranno essere in grado di interrompere qualsiasi sovracorrente sino alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui i dispositivi sono installati.

Tali dispositivi di protezione possono essere:

- Interruttori automatici provvisti di sganciatore di sovracorrente;
- Interruttori combinati con fusibili;
- Fusibili.

I dispositivi che assicurano solo la protezione contro i sovraccarichi sono dispositivi con caratteristiche di funzionamento generale a tempo inverso, il cui potere di interruzione può essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui essi sono installati.

I dispositivi che assicurano la protezione contro i cortocircuiti sono dispositivi possono essere utilizzati quando la protezione contro i sovraccarichi sia ottenuta con altri mezzi o quando la protezione contro il sovraccarico possa o debba venire omessa. Essi devono essere in grado di interrompere ogni corrente di circuito inferiore od uguale alla corrente di cortocircuito presunta.

Tali dispositivi possono essere:

- Interruttori automatici con sgancia tori di sovracorrente;
- Fusibili tipo gG od aM.

### **Protezione contro le correnti di sovraccarico**

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolamento, ai collegamenti, ai terminali o all'ambiente circostante le condutture. Le caratteristiche di funzionamento di un dispositivo di protezione delle condutture contro i sovraccarichi dovranno rispondere alle seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_f \leq 1.45 I_z \quad (2)$$

dove:

**$I_b$** : corrente di impiego

**$I_n$** : corrente nominale del dispositivo di protezione

**$I_z$** : portata del cavo

**$I_f$** : corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

### **Protezione contro le correnti di cortocircuito**

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito prima che tali correnti possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni.



I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti dovranno rispondere alle due seguenti condizioni:

- Il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunto nel punto di installazione.

Sarà ammesso l'utilizzo di dispositivi di protezione con potere di interruzione inferiore se a monte è installato un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione.

In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi dovranno essere coordinate in modo che l'energia che essi lasciano passare non superi quella che può essere sopportata senza danno da parte del dispositivo situato a valle e dalle condutture protette da questi dispositivi.

- Tutte le correnti provocate da un cortocircuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che portano i conduttori alla temperatura limite ammissibile.

Portano i cortocircuiti di durata non superiore a 5 s, il tempo  $t$  necessario affinché una data corrente di cortocircuito porti i conduttori alla temperatura massima ammissibile in servizio ordinario alla temperatura limite può essere calcolato, in prima approssimazione, con la formula:

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

dove:

$t$  = durata in secondi

$S$  = sezione mmq

$I$  = corrente effettiva di cortocircuito in ampere, espressa in valore efficace

I valori di  $K$  considerati nella verifica dell'integrale di JOULE sono:

115	Per i conduttori in rame isolati con PVC/termoplastici
143	Per i conduttori in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato
74	Conduttori in alluminio isolati con PVC
87	Per i conduttori in alluminio isolati con gomma etilenpropilenica o propilene reticolato
115	Corrispondente ad una temperatura di 160°C, per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in rame

### **Protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica o dovute a manovre**

Devono essere prese in considerazione le sovratensioni che possono apparire all'origine dell'impianto, il livello previsto e il luogo nel quale sono installati e le caratteristiche dei dispositivi di protezione contro le sovratensioni, in modo che la probabilità di incidenti dovuti alle sollecitazioni di sovratensione sia ridotta ad un livello accettabile per la sicurezza delle persone e dei beni, e anche per la continuità di servizio prevista.

I valori delle sovratensioni transitorie dipendono dalla natura della rete di distribuzione (sotterranea o aerea) dell'energia elettrica, dalla possibile esistenza di dispositivi di protezione a monte dell'origine dell'impianto e dal livello di tenuta del sistema di alimentazione.

### **Classifica delle categorie di tenuta all'impulso**

Le categorie di tenuta ad impulso sono intese a distinguere differenti gradi di punibilità dei componenti elettrici nei riguardi dell'aspettativa di continuità di servizio richiesta e di un rischio di un guasto accettabile. Con la scelta dei livelli di tenuta all'impulso dei componenti elettrici il coordinamento dell'isolamento può essere ottenuto nell'intero impianto riducendo il rischio di guasto ad un livello accettabile, fornendo così una base per il controllo della sovratensione. Un numero caratteristico di una categoria di tenuta ad impulso maggiore di un altro indica una tenuta di impulso di un componente elettrico superiore e offre la possibilità di una vasta scelta di metodi per il controllo della sovratensione. Il concetto delle categorie di tenuta all'impulso è utilizzato per i componenti elettrici alimentati direttamente dalla rete.

### **Descrizione delle categorie di tenuta all'impulso**

I componenti elettrici aventi tenuta all'impulso di categoria I sono componenti intesi ad essere collegati agli impianti elettrici fissi di edifici quando i mezzi di protezione sono situati al di fuori degli stessi componenti, sia nell'impianto fisso o tra impianto fisso ed il componente, per limitare le sovratensioni transitorie al livello specificato. I componenti elettrici aventi tenuta all'impulso di categoria II sono componenti intesi ad essere collegati agli impianti fissi di edifici. I componenti elettrici aventi tenuta all'impulso di categoria III sono componenti che fanno parte degli impianti elettrici fissi di edifici ed anche altri componenti per i quali si prevede un più elevato grado di disponibilità. I componenti elettrici aventi tenuta all'impulso di categoria IV sono componenti destinati per l'uso all'origine, o nella sua prossimità, di impianti elettrici di edifici, a monte del quadro di distribuzione principale.

### Dispositivi per il controllo delle sovratensioni

La necessità dell'impiego di limitatori di sovratensione (SPD) per la protezione contro le sovratensioni dipende dalla situazione del rischio basata sulla norma CEI EN 62305-2.

Se l'installazione di SPD risulta necessaria non si devono superare i livelli di tensione riportati nella tabella che segue. (tabella 44 A)

I componenti elettrici devono essere scelti in modo che il loro valore nominale di tenuta all'impulso non sia inferiore alla tensione di tenuta all'impulso richiesta, come specificato nella tabella 44 A.

Possono essere utilizzati componenti elettrici aventi una tensione di tenuta all'impulso più bassa di quella indicata in tabella, se si può accettare un rischio di danno più elevato. Gli SPD ed i loro mezzi di protezione in serie devono sopportare con sicurezza le sovratensioni transitorie indicate nella norma specifica.

Tensione nominale dell'impianto (\*) V

Tensione nominale di tenuta all'impulso richiesta per i componenti elettrici

	Categoria IV	Categoria III	Categoria II	Categoria I
230/400 277/480	6	4	2.5	1.5
400/690	8	6	4	2.5
1000	Valori di potenza dei progettisti di sistemi o, in assenza di informazioni, possono essere scelti i valori riportati nella precedente linea			

(\*) in accordo con la norma CEI 8-6

Categoria IV – componente elettrico con tenuta all'impulso molto alta

Categoria III – componente elettrico con alta tenuta all'impulso

Categoria IV – componente elettrico con normale tenuta all'impulso

Categoria IV – componente elettrico con ridotta tenuta all'impulso

### Protezione contro gli abbassamenti di tensione

Devono essere prese adeguate precauzioni se un abbassamento di tensione, o la mancanza ed il successo ripristino della tensione possono comportare pericoli per le persone e per le cose.

Adeguate precauzioni devono essere prese anche quando una parte dell'impianto od un apparecchio utilizzatore possono essere danneggiati da un abbassamento di tensione.

Non sono richiesti tutta via dispositivi di protezione contro gli abbassamenti di tensione se i danni dell'impianto o all'apparecchio utilizzatore costituiscono un rischio accettabile e non creano condizioni di pericolo per le persone.

I dispositivi che intervengono in caso di abbassamento della tensione possono essere ritardati a condizione che l'apparecchio utilizzatore che essi proteggono può sopportare senza danni interruzioni o abbassamenti di tensione di breve durata.

L'utilizzo di contattori, con l'apertura e richiusura ritardata non deve impedire l'apertura istantanea di dispositivi di comando o di protezione.

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione contro gli abbassamenti di tensione devono essere compatibili con le prescrizioni relative all'avvio ed all'uso degli apparecchi utilizzatori.

Qualora la richiusura di un dispositivo di protezione può dare luogo a situazioni pericolose, tale richiusura non deve essere automatica.

## 2.5 DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Gli impianti dovranno essere costruiti in modo da evitare il contatto non internazionale con parti attive o il raggiungimento di zone pericolose (zone di guardia) prossime alle parti attive. Si dovranno proteggere le parti attive quelle con il solo isolamento funzionale e le parti che possono essere considerate a potenziale pericoloso. La protezione potrà essere ottenuta con misure diverse a seconda che l'impianto sia situato in un'area elettrica chiusa oppure no.

Misure per protezione contro i contatti diretti

Tipi di protezione

Sono riconosciuti i seguenti tipi di protezione:

- Protezione per mezzo di involucri
- Protezione per mezzo di barriere (ripari)
- Protezione per mezzo di ostacoli (parapetti)
- Protezione mediante distanziamento

La protezione contro i contatti indiretti mira ad evitare che cedimenti dell'isolamento principale facciano assumere a parti conduttrici un potenziale pericoloso per le persone.

### Protezione mediante isolamento delle parti attive

Le parti attive, devono essere coperte da un isolamento che possa essere rimosso soltanto mediante

distruzione. L'isolamento dei componenti elettrici deve soddisfare le relative norme. Per gli altri componenti elettrici la protezione deve essere assicurata da un isolamento tale da resistere ad influenze meccaniche, chimiche, elettriche, termiche alle quali può essere soggetto d'esercizio.

### **Protezione mediante involucri e barriere**

Le parti attive devono essere poste entro involucri e dietro barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IPXXB.

Le aperture devono essere piccole compatibilmente con le prescrizioni per il corretto funzionamento e per la sostituzione di una parte.

Le superfici superiori orizzontali delle barriere o degli involucri che sono a portata di mano devono avere un grado di protezione non inferiore a IPXXD.

Le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati ed avere una sufficiente stabilità e una durata nel tempo in modo da conservare il richiesto grado di protezione ed una conveniente separazione dalle parti attive, nelle condizioni di esercizio prevedibili, tenuto in conto delle condizioni ambientali.

Qualora fosse necessario togliere barriere, aprire involucri o togliere parti di involucri, questo dovrà essere possibile solo:

- Con l'uso di una chiave o di un attrezzo, oppure
- Se dopo l'interruzione dell'alimentazione alle parti attive contro le quali le barriere gli involucri offrono protezione, il ripristino dell'alimentazione, sia possibile solo dopo la sostituzione o la richiusura delle barriere o degli involucri stessi, oppure
- Se una barriera intermedia con grado di protezione non inferiore a IPXXB, protegge dal contatto con parti attive, tale barriera possa essere rimossa solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo.

Se, dietro una barriera od un involucro, sono installati componenti elettrici che possono ritenere carichi elettriche pericolose dopo che la loro alimentazione sia stata interrotta deve essere previsto un cartello di avvertimento.

### **Protezione mediante ostacoli**

Gli ostacoli devono impedire:

- l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive, oppure
  - il contatto non intenzionale con parti attive durante i lavori sotto tensione del funzionamento ordinario
- Gli ostacoli possono essere rimossi senza l'uso di una chiave o di un attrezzo ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimessione accidentale, gli stessi sono destinati ad impedire il contatto accidentale con parti attive ma non il contatto intenzionale dovuto all'aggiramento deliberato dell'ostacolo.

### **Protezione mediante distanziamento**

Parti simultaneamente accessibili a tensione diversa non dovranno essere a portata di mano. Il distanziamento è destinato solo ad impedire il contatto non condizionato con parti attive.

### **Protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali**

L'uso di interruttori differenziali, con corrente differenziale nominale d'intervento non superiore a 30 mA, è riconosciuto come protezione aggiuntiva contro i contatti indiretti in caso di insuccesso da altre misure di protezione o di incuria da parte degli utilizzatori. L'uso di tali dispositivi non è riconosciuto quale unico mezzo di protezione contro i contatti diretti e non dispensa dall'applicazione di una delle misure di protezione specificate in precedenza (protezione mediante isolamento delle parti attive e protezione mediante distanziamento). La protezione aggiuntiva mediante l'uso di dispositivi di protezione con corrente differenziale nominale d'intervento superiore a 30 mA è richiesta:

- nei locali ad uso abitativo per i circuiti che alimentano prese a spina con corrente di intervento non superiore a 20 A;
- per i circuiti che alimentano le prese a spina con corrente nominale non superiore a 20 A destinata ad alimentare apparecchi mobili per uso esterno.

### **Protezione contro gli effetti termici**

Le persone, i componenti elettrici fissi ed i materiali, non facenti parte dell'impianto elettrico, fissi, posti in vicinanza di componenti elettrici, devono essere protetti contro gli effetti dannosi del calore sviluppato dai componenti elettrici, o contro gli effetti dell'irraggiamento termico, in particolare per quanto riguarda i seguenti difetti:

- Combustione o deterioramento dei materiali;
- Rischio di ustioni;
- Riduzione della sicurezza nel funzionamento dei componenti elettrici installati.

### **Protezione contro gli incendi**

I componenti elettrici non devono costituire pericolo di innesco o di propagazione di incendio per i materiali adiacenti. Oltre alle prescrizioni della norma CEI 64-8 dovranno essere osservate tutte le relative istruzioni

di installazione del costruttore.

I componenti elettrici che possono raggiungere temperature superficiali tali da poter innescare l'incendio dei materiali adiacenti, dovranno essere installate in uno dei seguenti modi:

- Su o entro elementi costituiti da materiali che resistano a tali temperature e che abbiano una bassa conducibilità termica
- Dietro schermi termicamente isolati che resistano a tali temperature e che abbiano una bassa conducibilità termica
- Ad una distanza sufficiente a permettere una adeguata dissipazione del calore per evitare che tali temperature possano avere effetti termici dannosi su materiali la cui conservazione potrebbe venire compromessa da tali temperature, utilizzando supporti di bassa conducibilità termica.

I componenti elettrici collegati all'impianto in modo permanente che nel loro funzionamento ordinario siano tali da produrre archi o scintille, devono:

- Essere totalmente racchiusi in elementi di materiale resistente agli archi, oppure
- Essere schermati, con elementi di materiale resistente agli archi, dagli elementi dell'edificio sui quali gli archi potrebbero avere effetti termici dannosi, oppure
- Essere installati ad una distanza sufficiente dagli elementi dell'edificio sui quali gli archi o scintille potrebbero avere effetti termici dannosi, per permettere una sicura estinzione degli stessi archi o scintille.

I materiali resistenti agli archi da utilizzarsi per queste misure di sicurezza devono essere non combustibili, avere bassa conducibilità termica e presentare un adeguato spessore per assicurare una stabilità meccanica.

I componenti elettrici fissi che presentino effetti di focalizzazione o di concentrazione di calore devono essere distanziati da qualsiasi oggetto fisso o da qualsiasi elemento dell'edificio in modo tale da non essere sottoposti in condizioni ordinarie a temperature pericolose.

Quando i componenti elettrici installati nello stesso locale contengono liquido infiammabile in quantità significativa, si devono prendere precauzioni per evitare che il liquido in fiamme ed i prodotti di combustione del liquido stesso si propaghino alle parti dell'edificio.

I materiali degli involucri disposti attorno ai componenti elettrici durante la messa in opera devono essere in grado di sopportare le più elevate temperature che possono essere prodotte dai componenti stessi.

### Protezioni contro le ustioni

Le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano non dovranno raggiungere temperature tali che possano causare ustioni alle persone, e devono soddisfare i limiti indicati in tabella.

Parti accessibili	Materiale delle parti accessibili	Temperatura massima (°C)
Organi di comando da impugnare	metallico	55
	non metallico	65
Parti previste per essere toccate durante il funzionamento ordinario, ma che non necessitano di essere impugunate	metallico	70
	non metallico	80
Parti che non necessitano di essere toccate durante il funzionamento ordinario	metallico	80
	non metallico	90

## 2.6 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI ED EVENTUALI VINCOLI DA RISPETTARE

### Comando dei motori

I circuiti di comando dei motori dovranno essere realizzati in modo da evitare che qualsiasi motore possa ripartire automaticamente dopo un arresto dovuto ad un abbassamento o ad una mancanza di tensione, se tale avvio può causare pericolo. Qualora fosse prevista la frenatura di motore a mezzo di inversione di corrente, si dovranno prendere provvedimenti atti ad evitare l'inversione del senso di rotazione alla fine della frenata, se tale inversione può causare pericolo. Qualora la sicurezza dipenda dal senso di rotazione di un motore, si dovranno prendere provvedimenti atti ad impedire il funzionamento in senso inverso dovuto, per esempio alla mancanza di una fase o ad un'inversione di fasi. I circuiti di comando dovranno essere realizzati e disposti in modo tale da limitare i pericoli derivati da un guasto tra il circuito di comando ed altre parti conduttrici che possano causare un cattivo funzionamento dell'apparecchio comandato (es. manovre intempestive). Dovranno essere presi adatti provvedimenti per evitare che le apparecchiature meccaniche alimentate elettricamente vengano riattivate accidentalmente durante la manutenzione non

elettrica, a meno che i dispositivi di interruzione non siano continuamente sotto il controllo delle persone addette a tale manutenzione. Le operazioni di manovra-controllo delle apparecchiature di protezione e comando poste sul quadro elettrico dovranno essere effettuate da personale addestrato e abilitato. Dovranno essere programmati controlli/manutenzioni dell'impianto elettrico in oggetto allo scopo di garantire la sicurezza e l'efficienza.

### **Circuiti interni al quadro**

Le connessioni tra parti percorse da corrente devono essere realizzate con mezzi che assicurino una pressione di contatto sufficiente e permanente e non devono subire alterazioni inammissibili a causa sovratemperature normali, invecchiamento dei materiali isolanti, vibrazioni, dilatazioni termiche, ecc. che si producono nel servizio orario. La scelta delle sezioni dei conduttori all'interno del quadro è lasciata alla responsabilità del costruttore e dipende, oltre che all'entità della corrente, delle sollecitazioni meccaniche in cui il quadro è sottoposto, dalla sistemazione dei conduttori, dal tipo di isolamento, ecc. in genere si considerano le norme UNEL 35011-72 e IEC 364-5-523, utilizzando le tabelle per posa in tubo, per temperature di 30° C, senza altri particolari coefficienti di correzione. In generale ad ogni terminale di connessione deve essere connesso un solo conduttore: sono ammesse le connessioni di due o più conduttori a un terminale di connessione solo quando tale terminale è previsto per questo scopo. Le connessioni di alimentazione degli apparecchi e degli strumenti di misura montati su coperchi o porte devono essere installate in modo che i conduttori non possano essere meccanicamente danneggiati a seguito del movimento dei coperchi o delle porte.

### **Prescrizioni per tubi protettivi**

Le tubazioni e i loro accessori dovranno avere caratteristiche di resistenza alla fiamma in conformità alle corrispondenti norme CEI.

Le dimensioni interne dei tubi protettivi devono essere tali da permettere l'agevole infilaggio dei cavi dopo la messa in opera dei tubi stessi.

Le giunzioni, le derivazioni e le connessioni agli apparecchi saranno realizzate con dispositivi tali da consentire la facile inserzione nei loro alloggiamenti delle estremità dei conduttori da connettere, permettere la giunzione senza provocare riduzioni della sezione dei conduttori, non alterarsi in ambiente umido e mantenere in permanenza la pressione di contatto. E' raccomandato un diametro interno dei tubi almeno uguale a 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi da contenere. E' comunque consigliabile sovradimensionare i tubi per eventuali usi futuri.

E' permesso posare i conduttori di sistemi elettrici a tensione diversa nella stessa conduttura solo se tutti i conduttori sono isolati per la tensione nominale più elevata.

Sarà inoltre necessario verificare che le dimensioni del canale siano sufficienti a contenere il fascio di cavi.

### **Conduttori cavi e accessori**

I cavi saranno posati in modo ordinato, paralleli fra loro, senza attorcigliamenti e incroci, rispettando il raggio di curvatura indicato nelle tabelle; i cavi lungo il percorso non presenteranno giunzioni intermedie, tranne nel caso in cui la lunghezza dei collegamenti sia maggiore della pezzatura di fabbrica.

Ogni cavo sarà contrassegnato in modo leggibile e permanente con le sigle indicate negli elaborati di progetto, in modo da consentire l'individuazione. Le marcature saranno conformi alle norme CEI 16-7 art.3 ed essere applicate alle estremità del cavo in corrispondenza dei quadri e delle cassette di derivazione dorsali con anelli o tubetti porta etichette, ovvero tubetti presigliati o termo restringenti.

Le connessioni dei cavi comprendono la formazione delle terminazioni ed il collegamento ai morsetti. La guaina dei cavi multipolari sarà opportunamente rifinita nel punto di taglio con manicotti termo restringenti. Le terminazioni saranno di tipo e sezione alle caratteristiche del cavo su cui verranno montate e all'apparecchio a cui verranno collegate; si esclude qualsiasi adattamento di dimensione o sezione del cavo o del capocorda stesso.

Ad ogni dispositivo di serraggio di ciascun morsetto non sarà cablato più di un conduttore; l'eventuale equipotenzializzazione avverrà tra i morsetti mediante opportune barrette "di parallelo". I cavi, presso i punti di collegamento, saranno fissati con fascette o collari, ovvero si utilizzeranno appositi pressa cavi, in modo da evitare sollecitazioni sui morsetti di quadri o cassette, ecc.

Per le connessioni dei cavi di energia, di comando, di segnalazione e misura, si impiegheranno capicorda a compressione in rame stagnato, del tipo preisolato o protetto con guaina termo restringente.

Negli schemi, le designazioni delle linee in partenza o in arrivo dei quadri saranno fatte secondo le sigle unificate delle tabelle CEI-UNEL, in base alle quali risulta pure deducibile in modo inequivocabile, la formazione delle linee e, in particolare, se esse risultano costituite da cavi unipolari o da cavi multipolari.

### **Tubazioni rigide in materiale termoplastico**

Tutte le tubazioni saranno conformi alle tabelle CEI – UNEL e alle norme CEI riportate nella descrizione dei tipi, la raccorderia sarà di tipo a tubo scatola o filettata, a seconda dei casi, mentre il fissaggio in vista sarà eseguito impiegando morsetti di tipo plastico con bloccaggio del tubo a scatto. Le tubazioni in vista

saranno fissate alle pareti con sostegni distanziati quanto necessario per evitare la flessione; in ogni caso la distanza dei sostegni non sarà superiore a 1 m.

### **Tubazioni metalliche rigide**

I tubi saranno del tipo "Mannesmann" senza saldatura, conformi alle tabelle UNI 8863 (ex 3824) zincati a caldo secondo le tabelle UNI 5745, ovvero del tipo elettrosaldato. Nel caso di tubi di tipo elettrosaldato, l'accoppiamento con cassette, quadri, apparecchiature e la giunzione tra tubo e tubo avverrà con raccordi tali da non richiedere la filettatura del tubo stesso e garantire la tenuta meccanica e il grado di protezione richiesto.

### **Installazioni interrate**

Le tubazioni interrate saranno in PVC, di tipo rigido, serie pesante, conformi alle norme CEI riportate nella descrizione dei tipi; i giunti saranno di tipo a "bicchiere" sigillati con apposito collante o di tipo filettato per evitare lo sfilamento e le infiltrazioni di acqua; le giunzioni e gli imbocchi saranno particolarmente curati onde evitare ostacoli allo scorrimento dei cavi.

La posa sarà a non meno di 70 cm di profondità, avendo cura di stendere sul fondo dello scavo e sopra il tubo, una volta posato, uno strato di sabbia di circa 10 cm di spessore; inoltre sarà steso a 30 cm sopra la tubazione un nastro avvisatore in polietilene.

I tratti interrati, ove sia prevedibile il transito di automezzi, saranno protetti con coppi in calcestruzzo vibrato, ovvero con getto di calcestruzzo magro. In corrispondenza dei cambiamenti di direzione e ad intervalli non superiori a 25 m saranno previsti dei pozzetti di ispezione.

I tratti rettilinei orizzontali saranno posati con pendenza verso un pozzetto per evitare il ristagno dell'acqua all'interno del tubo; i tratti entrati nel fabbricato saranno posati con pendenza verso l'esterno per evitare l'ingresso dell'acqua. Tutti i pozzetti saranno senza fondo, o comunque con adeguati fori per evitare il ristagno dell'acqua. Le estremità dei tubi in ingresso e uscita dal fabbricato saranno chiuse con tappo e sigillate con un passacavo stagno. I tubi vuoti saranno corredati di filo pilota in acciaio zincato di adeguata robustezza.

### **Cassette e scatole metalliche**

Le cassette saranno di costruzione robusta; per la prova di tenuta agli urti saranno considerate "a rischio di pericolo meccanico elevato". Le superfici interne saranno trattate con vernici anticorrosione a base di resine assorbenti, senza fibre sintetiche. L'interno delle scatole avranno opportune predisposizioni (perni filettati, profilati speciali, contro piastre, ecc.) per il montaggio delle apparecchiature. Saranno inoltre essere dotate all'interno e all'esterno di morsetti di terra adeguati al collegamento di un conduttore pari al maggiore dei conduttori di fase che vi fanno capo, con un minimo di 6 mm<sup>2</sup> per l'attacco di terra esterno e 2.5 mm<sup>2</sup> per quello interno; se trattasi di contenitore in lamiera di acciaio inox, i morsetti saranno saldati alla cassetta e completi di viti di fissaggio in acciaio. Inoltre saranno provvisti di alette o piedini esterni per il fissaggio ai sostegni.

### **Cassette e scatole in materiale termoplastico**

I contenitori saranno di materiale termoplastico pesante di tipo autoestinguente ottenuti in unica fusione. Conterranno i morsetti di giunzione e derivazione e gli eventuali separatori fra circuiti appartenenti a sistemi diversi. Le viti di fissaggio saranno alloggiare in opportune sedi con guarnizioni che garantiscano il grado di protezione, la classe d'isolamento prescritta e che comunque non diminuiscano il livello di tensione d'isolamento dei cavi. Le guarnizioni saranno del tipo anti invecchiante al silicone o neoprene.

I coperchi saranno rimovibili a mezzo di attrezzo, fissati per mezzo di viti anti perenti in nylon a passo lungo, con testa sferica per consentire l'apertura a cerniera del coperchio, ovvero in acciaio inox o in ottone, disposti in maniera idonea ad assicurare una compressione uniforme su tutti i lati del coperchio.

All'interno delle cassette poste lungo le dorsali le morsettiere saranno in poliammide 6.6, di tipo fisso e componibili, mentre nelle cassette poste all'interno dei vari locali saranno in policarbonato, di tipo "compatto", unipolari a più vie. Il serraggio dei conduttori sarà di tipo indiretto. La suddivisione tra gruppi di morsetti di tipo componibile appartenenti a fase diverse avverrà mediante separatori.

Le cassette saranno montate in posizione accessibile; il fissaggio sarà effettuato tramite tasselli ad espansione e bulloneria in acciaio zincato o chiodatura a sparo, in modo comunque da non trasmettere sollecitazioni ai tubi o ai cavi che vi fanno capo. Lo stesso dicasi per i telai in profilati metallici, staffe, zanche dimensionati per sostenere la cassetta.

Tutte le cassette saranno contrassegnate in maniera ben visibile con etichette adesive in tela plastificata indicati il circuito di appartenenza e poste per quanto possibile sul fianco della cassetta, in linea o in prossimità delle condutture in ingresso; diversamente saranno contrassegnate sul retro del coperchio qualora sussistano fattori estetici o finiture delle superfici che rivestano carattere artistico.

### **Cavi e conduttori**

Generalmente per la posa entro tubazioni si utilizzeranno conduttori con tensione nominale 450/750V,

mentre per la posa entro canali si utilizzeranno cavi con tensione nominale 600/1000V.

Le guaine dei conduttori avranno le seguenti colorazioni conformi alle tabelle CEI-UNEL 00722:

- |   |                        |
|---|------------------------|
| • Conduttore di protezione:                                 | giallo/verde           |
| • Conduttore neutro:  | blu chiaro             |
| • Conduttore di fase linee punti luce:                      | grigio                 |
| • Conduttore di fase linee prese:                           | nere                   |
| • Conduttore di fase linee prese sotto continuità assoluta: | marrone                |
| • Conduttori per circuiti a 12-24-48V:                      | rosso, o verde o altri |

Impianti a vista di tipo isolante

Nell'esecuzione a vista di tipo isolante, i vari punti di utilizzazione saranno realizzati con:

- Tubi in PVC rigido
- Raccordi ad innesto o filettati e accessori vari per conseguire il grado di protezione richiesto
- Casette in PVC autoestinguente
- Canaline in PVC autoestinguente
- Guaina flessibile in PVC plastificato per il raccordo agli apparecchi utilizzatori
- Conduttori del tipo specificato e nelle tavole grafiche con le selezioni indicate.

### **Impianto di terra**

L'impianto di terra sarà realizzato come descritto nella norma CEI 64-8, ad esso saranno collegate tutte le messe a terra di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori e tutte le messe a terra di protezione dell'impianto

Il conduttore di terra che collega il dispersore al collettore principale di terra, sarà di rame o in acciaio zincato a caldo secondo norme CEI 7-6. Saranno impiegati come conduttori di terra corde, tondini, o sbarre piatte con sezione conforme alla norma CEI 64-8.

Il collettore di terra che sarà formato da una sbarra in rame o in alternativa una morsettiera in ottone nichelato. Al collettore saranno collegati il conduttore di terra, i conduttori di protezione e i conduttori equipotenziali principali.

I collegamenti equipotenziali, ove richiesta ispezione e sezionamento saranno eseguiti in modo opportuno con capicorda ad occhiello sulle masse.

Viti e bulloni ed accessori impiegati per la realizzazione dell'impianto di terra, saranno in rame o acciaio zincato a caldo. I capicorda per le connessioni terminali saranno in fine di rame stagnato.

Le marcature saranno conformi alla norma CEI 16-7, del tipo ad anelli o tubetti porta etichette inoltre tutti i punti connessi all'impianto di terra dovranno avere il segnale grafico di messa a terra. I conduttori di protezione connessi alla sbarra di terra dovranno avere contrassegni che rendano facile la loro provenienza. I pozzetti dell'impianto di terra dovranno essere riconoscibili da cartelli con il simbolo grafico previsto composti da numero di dispersore e distanza dal cartello, dove tutto questo non sarà possibile, il pozzetto di terra dovrà essere riconoscibile tramite contrassegni in vernice adeguata resistente agli agenti atmosferici per anni, con simbolo grafico e numero dispersore.

### **Caratteristiche dei cavi e conduttori**

Generalmente per la posa entro tubazioni in vista o sottotraccia si utilizzeranno conduttori con tensione nominale 450/750V, mentre per la posa entro canali o cavidotti si utilizzeranno cavi con tensione nominale 600/1000V.

I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti dovranno essere contraddistinti dalle colorazioni previste nelle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL; in particolare:

- Conduttore di protezione: giallo/verde
- Conduttore neutro: blu chiaro
- Conduttore di fase linee punti luce: grigio/nero/marrone
- Conduttore di fase linee prese: grigio/nero/marrone
- Conduttore di fase linee prese sotto continuità assoluta: grigio/nero/marrone
- Conduttori con circuiti 12-24-48V: rosso

Nei casi multipolari il conduttore G/V non può essere utilizzato come FASE o NEUTRO.

Per quanto riguarda i conduttori di fase, dovranno essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai seguenti colori:

fase L1 NERO

fase L2 MARRONE

fase L3 GRIGIO

Per quanto riguarda i cavi per telecomunicazioni, le guaine dei conduttori avranno le colorazioni conformi alle tabelle CEI-UNEL 00712 e 00724.

Gli impianti di classe 0 ed i circuiti di comando e segnalazione a 24V avranno i conduttori contraddistinti da colori diversi da quelli sopraelencati in modo da renderli facilmente identificabili e distinguibili da

conduttori di impianti di classe diversa.

La massima caduta di tensione per ogni circuito, quando sia inserito il carico nominale, non dovrà essere superiore al 4% della rispettiva tensione a vuoto.

La densità di corrente nei vari conduttori non dovrà essere mai superiore a quanto disposto dall'applicazione delle norme I.E.C. 36-5-523 e UNEL 35024/1.

### **Marcatura cavi**

Ogni cavo sarà contrassegnato in modo leggibile e permanente con le sigle indicate negli elaborati di progetto, in modo da consentire l'individuazione. Le marcature saranno conformi alle norme CEI 16-7 art. 3 ed essere applicate alle estremità del cavo in corrispondenza dei quadri e delle cassette di derivazione dorsali con anelli o tubetti porta etichette, ovvero tubetti pre siglati o termo restringenti. I cavi inoltre dovranno essere marchiati IMQ.

### **Connessioni terminali**

Le connessioni dei cavi comprendono la formazione delle terminazioni ed il collegamento ai morsetti. La guaina dei cavi multipolari sarà opportunamente rifinita nel punto di taglio con manicotti termo restringenti. Le terminazioni saranno di tipo e sezione adatte alle caratteristiche del cavo su cui verranno collegate; si esclude qualsiasi adattamento di dimensione o sezione del cavo o del capocorda stesso.

Ad ogni dispositivo di serraggio di ciascun morsetto non sarà cablato più di un conduttore; l'eventuale equipotenzializzazione avverrà tra i morsetti mediante opportune barrette "di parallelo".

I cavi, presso i punti di collegamento, saranno fissate con fascette o collari, ovvero si utilizzeranno appositi pressa cavi, in modo da evitare sollecitazioni sui morsetti di quadri o cassette ecc.

Per le connessioni dei cavi di energia, di comando, di segnalazione e misura, si impiegheranno capicorda a compressione in rame stagnato, del tipo pre isolato o protetto con guaina termo restringente.

### **Tipologia di cavi**

I tipi dei conduttori da impiegare negli impianti dovranno essere quelli con marchio IMQ

- Unipolari, tipo FS17 Cca-s3,d1,a3 450/750V
- Conduttore in corda rotonda flessibile di rame ricotto;
- Isolante in PVC;

Adatti per la posa entro tabulazioni in vista o incassante, o sistemi chiusi simili.

Adatti per installazione fissa e protetta su o entro apparecchi d'illuminazione, all'interno di apparecchi e di apparecchiature di interruzione di comando, per tensioni fino a 1000V in corrente alternata o, in caso di corrente continua, sino a 750V verso terra.

• FG/-R 0,6/1 kV (CEI 20-13) conduttore a doppio isolamento, guaina PVC di qualità Rz ed isolamento in gomma EPR, con terra concentrica, non propagante l'incendio e la fiamma, conforme alle norme CEI 20-35, CEI 20-22 II, CEI 20-37/2. Per distribuzione principale e secondaria all'interno delle canalizzazioni metalliche, in tubi interrati e per posa interrata.

- Tipo FTG21M21, avente le seguenti caratteristiche:
- resistente al fuoco secondo la norma CEI 20-36 – IEC 331
- non propagante l'incendio secondo la norma CEI 20-22 III
- non propagante la fiamma secondo la norma CEI 20-35
- assenza di gas corrosivi in caso di incendio – norme CEI 20-37 I e CEI 20 -38
- ridottissima emissione di gas tossici e di fumi opachi in caso di incendio
- norme 20-37 LL – CEI 20-37 III E CEI 20-38

Dati tecnici:

- tensione nominale 0,6-1 kV – tensione di prova 4 kV in c.a.
- conduttore a corda flessibile di rame ricotto stagnato con barriera ignifuga
- isolamento elastomerico reticolato di qualità G10
- guaina termoplastica speciale di qualità M1

### **Criteri di dimensionamento dei cavi elettrici**

I cavi elettrici di potenza dovranno essere dimensionali con il metodo proposto dalle norme IEC 364-5-523, in base alla corrente di impiego, al tipo di posa, al tipo di isolante e al numero di conduttori attivi si dovrà determinare la sezione di ogni singola linea, in modo da soddisfare le esigenze di portata, tenuta al calore dell'isolante (CEI 64-8/5 tab. 52D) e resistenza ai corto circuiti ed i limiti ammessi per caduta di tensione.

Quali condizioni normali la norma prevede:

- temperatura ambiente di 3°C per cavi in aria e di 20°C per cavi interrati.
- assenza di conduttori sotto carico adiacenti a quello considerato.

Per condizioni diverse da quelle normali la Norma prevede dei coefficienti correttivi.

Sulle varie linee, così dimensionate, si dovranno eseguire le verifiche previste dalla Norma CEI 64-8.



### Sezioni minime dei conduttori

Il dimensionamento dei conduttori attivi dovrà essere effettuato in modo da soddisfare le indicazioni della norma CEI 64/8.

### Conduttori di neutro

L'eventuale conduttore di neutro avrà la stessa sezione dei conduttori di fase nei seguenti casi:

- nei circuiti monofase a due fili qualunque sia la sezione dei conduttori;
- nei circuiti polifase ( e nei circuiti mono fase a tre fili) quando la sezione dei conduttori fase sia inferiore o uguale a 16 mm<sup>2</sup> se in rame.
- nei circuiti polifase i cui conduttori di fase abbiano una sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup> (in rame) il conduttore di neutro potrà avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase (salvo schemi con diversa indicazione) se saranno soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni: la corrente massima (comprese le eventuali armoniche) che si preveda possa percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario non sia superiore alla portata massima ammissibile nel conduttore stesso e la sezione del conduttore sia almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup> se in rame. In ogni caso il conduttore di neutro dovrà essere protetto contro le sovracorrenti.

### Conduttori di protezione

Il dimensionamento del conduttore di protezione dovrà essere effettuato applicando la seguente formula:

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

Dove:

S = sezione del conduttore di protezione ( mm<sup>2</sup>)

I = valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (in A)

t = tempo di intervento del dispositivo di protezione (s)

K = fattore variabile in base al tipo di conduttore e isolante

In alternativa a quanto sopra il conduttore di protezione dovrà essere dimensionato in base alla tabella 54F delle norme CEI 64-8/5 cap. 54.

### Vincoli da rispettare

Tutti i cavi devono essere sfilabili.

## 2.7 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E SCELTA DEI COMPONENTI ELETTRICI

Il dimensionamento della rete è stato effettuato in due fasi:

- Determinazione delle potenze assorbite da ogni ramo della rete e quindi delle correnti di impiego;
- Dimensionamento di ogni ramo della rete.

Le potenze assorbite sono calcolate livello per livello della rete elettrica partendo dai dati nominali degli utilizzatori ed applicando fattori di contemporaneità diversi in relazione al tipo di utilizzatore e dalla modalità di impiego.

Le portate dei cavi sono quelle scelte dalle tabelle CEI-UNEL e tengono conto del valore di massima temperatura ambiente di progetto e delle effettive condizioni di posa.

Il dimensionamento delle condutture tiene conto anche di:

- Valore della caduta di tensione;
- Coordinamento tra le caratteristiche della conduttura e il dispositivo di protezione, in termini di correnti di corto circuito massime e minime e di energia specifica passante, in tutte le configurazioni di esercizio previste per la rete.