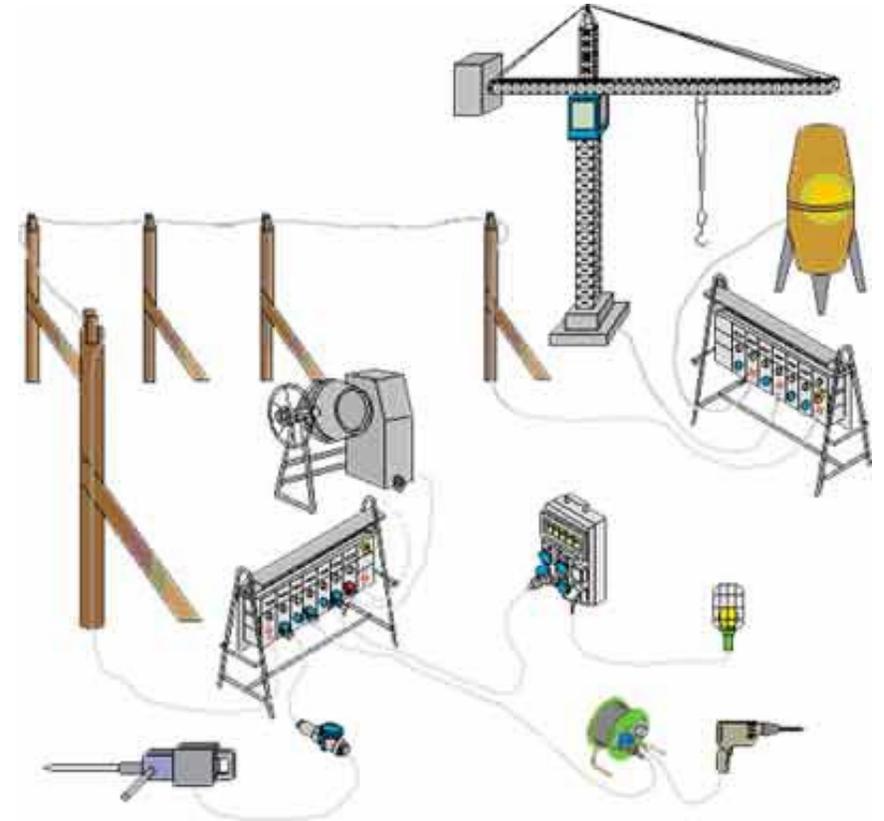


PROGETTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO DI CANTIERE



OGGETTO E SCOPO

Prendendo lo spunto da un esempio di progettazione dell'impianto elettrico di un cantiere edile verranno via via richiamate le principali prescrizioni normative per la corretta scelta e installazione dei componenti che costituiscono l'impianto.



IMPIANTO ELETTRICO DI CANTIERE

Definizione

Insieme di componenti elettrici, ubicati all'interno del recinto di cantiere elettricamente associati in modo da rendere disponibile l'energia elettrica agli apparecchi utilizzatori del cantiere.

Fanno parte dell'impianto di cantiere anche i componenti elettrici alimentati tramite prese a spina ad eccezione degli apparecchi utilizzatori.

NOTA Si considera parte dell'impianto elettrico di cantiere anche l'eventuale tratto della linea di alimentazione esterno al recinto di cantiere.



Norme applicabili

Norma CEI 64-8 con particolare riferimento alla sezione 704

Norma CEI 64-17 - Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Specifiche

- a) Realizzare un cantiere per la costruzione di un edificio ad uso commerciale di circa 3.200 m², costituito da uffici e capannone, la cui pianta è rappresentata in Figura 1.
- b) Tale edificio risulta ubicato in zona collinosa con terreno costituito prevalentemente da arenarie argillose, in situazione di clima ventilato e con densità annuale di fulmini pari a 4 fulmini/anno km².
- c) Non esistono costruzioni o strutture nell'area di cantiere e si escludono interferenze con linee aeree o in cavo.
- d) Ad una distanza di 30 m dal recinto del cantiere è disponibile un punto di fornitura dell'ente distributore che dichiara una corrente di cortocircuito di 10 kA.
- e) La dimensione del recinto di cantiere è di 70 m x 120 m.
- f) L'edificio in costruzione è di 3 piani (altezza di circa 10 m), la baracca è realizzata con struttura metallica ed ha una superficie di 6 m x 8 m con un'altezza di 3 m, la gru a torre ha un'altezza di 15 m, una lunghezza totale del braccio e del contrappeso di 50 m e un basamento di 2,5 m x 2,5 m.
- g) Si stima una durata del cantiere di 15 mesi e una presenza programmata di 20 operatori durante le giornate lavorative.

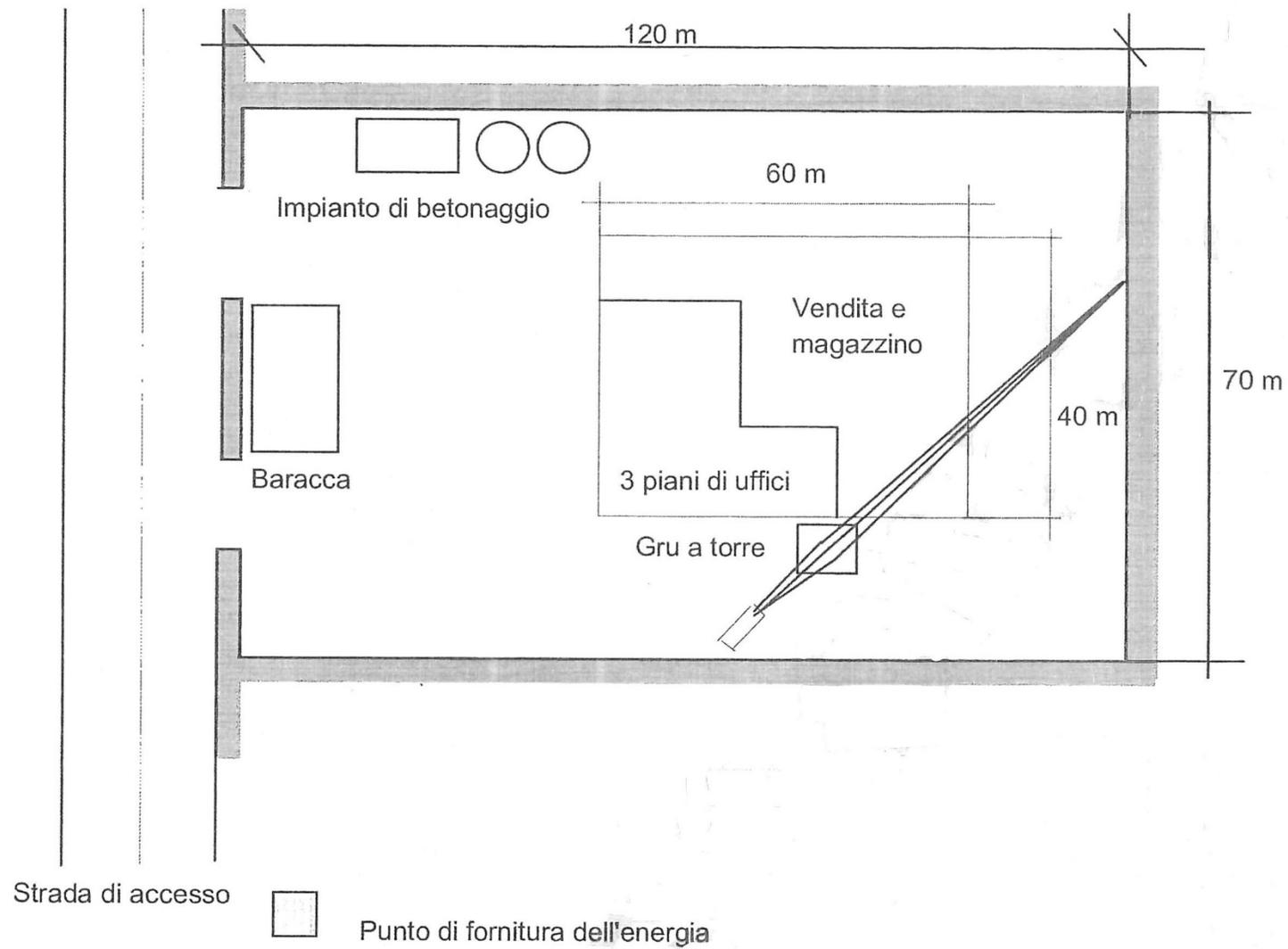


Fig. 1 - Planimetria del cantiere

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Considerazioni preliminari

Le condizioni ambientali non presentano particolarità tali da dover programmare procedure o protezioni specifiche. La dimensione del cantiere, piuttosto estesa, richiede particolare attenzione nella valutazione della caduta di tensione e consiglia due livelli di distribuzione.

- Temperatura media dell'ambiente 30 °C;
- resistività del terreno 35 $\Omega\cdot\text{m}$;
- caduta di tensione ammissibile sulla linea di alimentazione non superiore al 1,5%, in modo da poter sfruttare una caduta di tensione residua del 2,5% sulle linee di distribuzione del cantiere;
- tensione limite di contatto 25 V.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Analisi utenze

Si identificano tre utenze fisse: gru a torre, impianto di betonaggio, baracca servizi.

Le altre probabili utenze movibili e portatili d'uso delle imprese appaltanti o utilizzatrici, vengono stimate sulla base di esperienze precedenti.

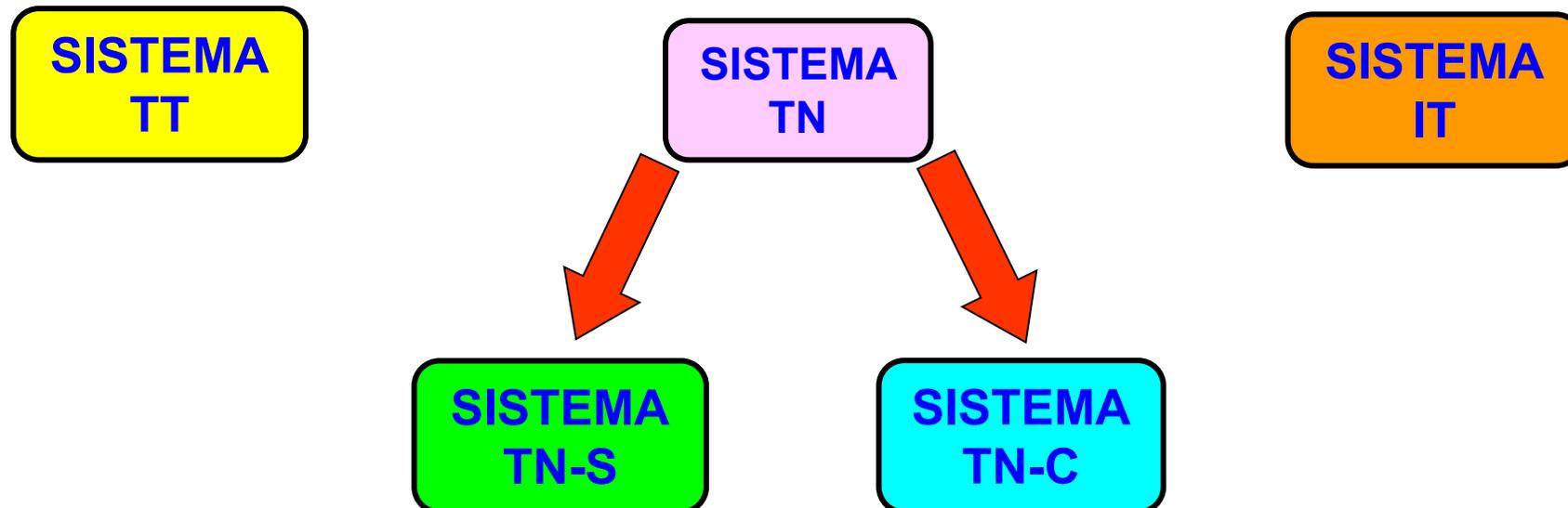
Si procede quindi con la stima delle potenze installate (vedere tabella).

Il livello di potenza impegnata, unitamente alla disponibilità del punto di fornitura dell'ente distributore in prossimità del cantiere, consiglia una distribuzione elettrica con sistema TT.

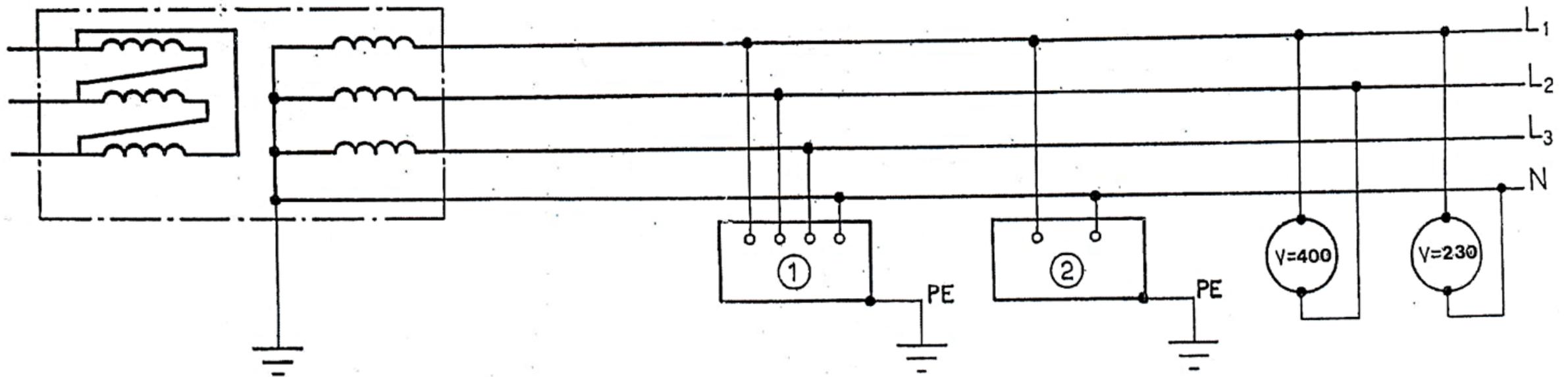
ALIMENTAZIONE E SISTEMI DI DISTRIBUZIONE

Il cantiere può essere alimentato sia da una rete di alimentazione a bassa tensione (sistema di I categoria) o a media tensione (sistema di II categoria), sia mediante autoproduzione con gruppi generatori.

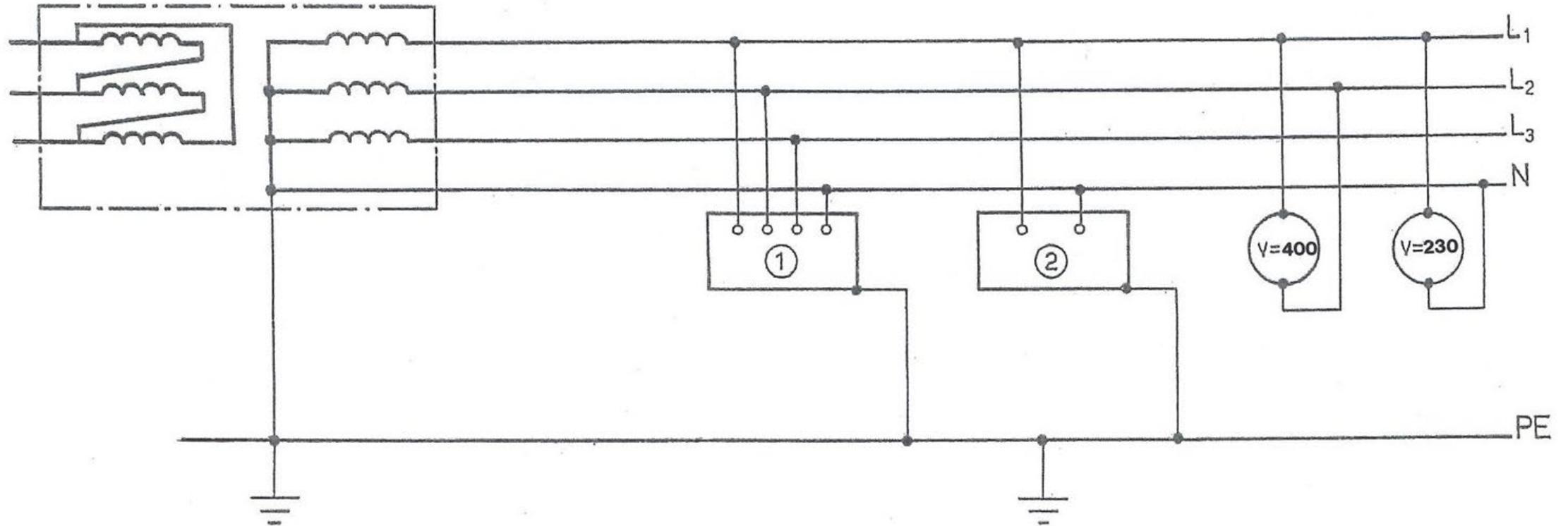
L'alimentazione viene inoltre definita in funzione del sistema di conduttori attivi (monofase o trifase) e del modo di collegamento a terra.

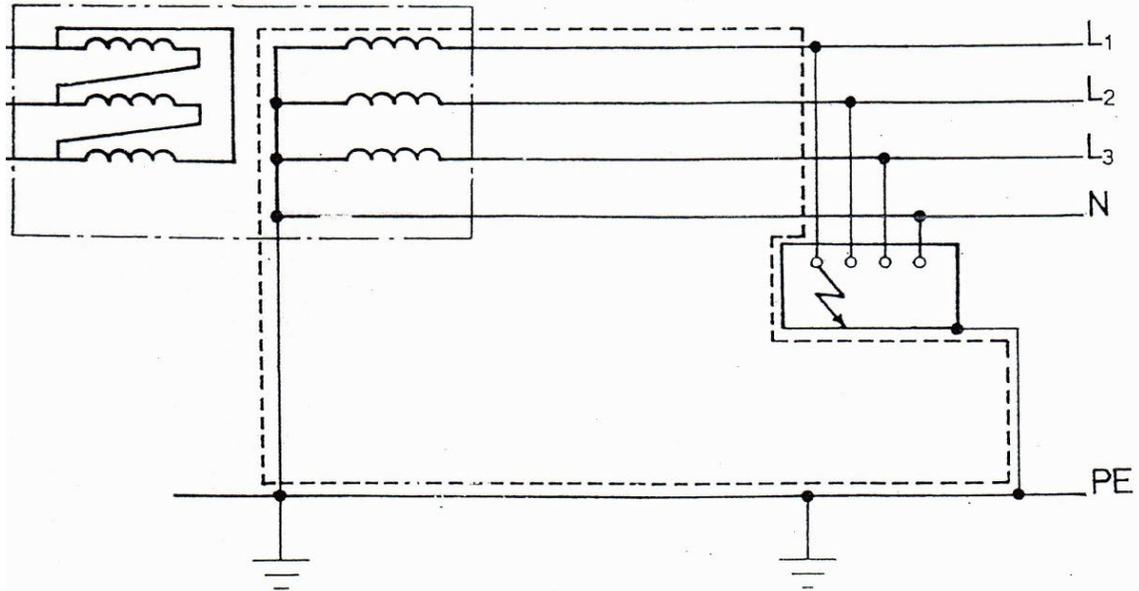
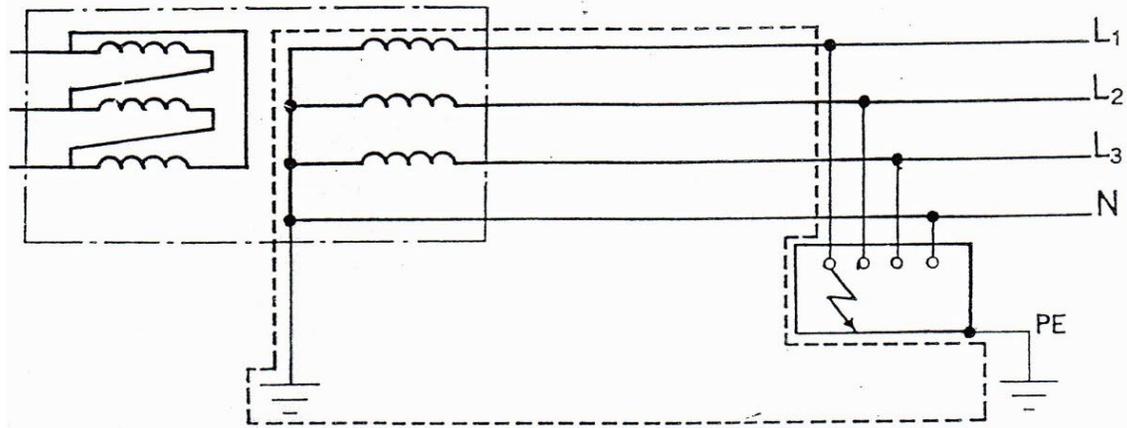


SISTEMA TT



SISTEMA TN-S





IMPIANTO ELETTRICO: ALIMENTAZIONE E STRUTTURA

Ulteriori opzioni per cantieri edili

- Gruppi generatori utilizzati in isola o come riserva, in alternativa alla rete pubblica
- Prese a spina di un impianto esistente



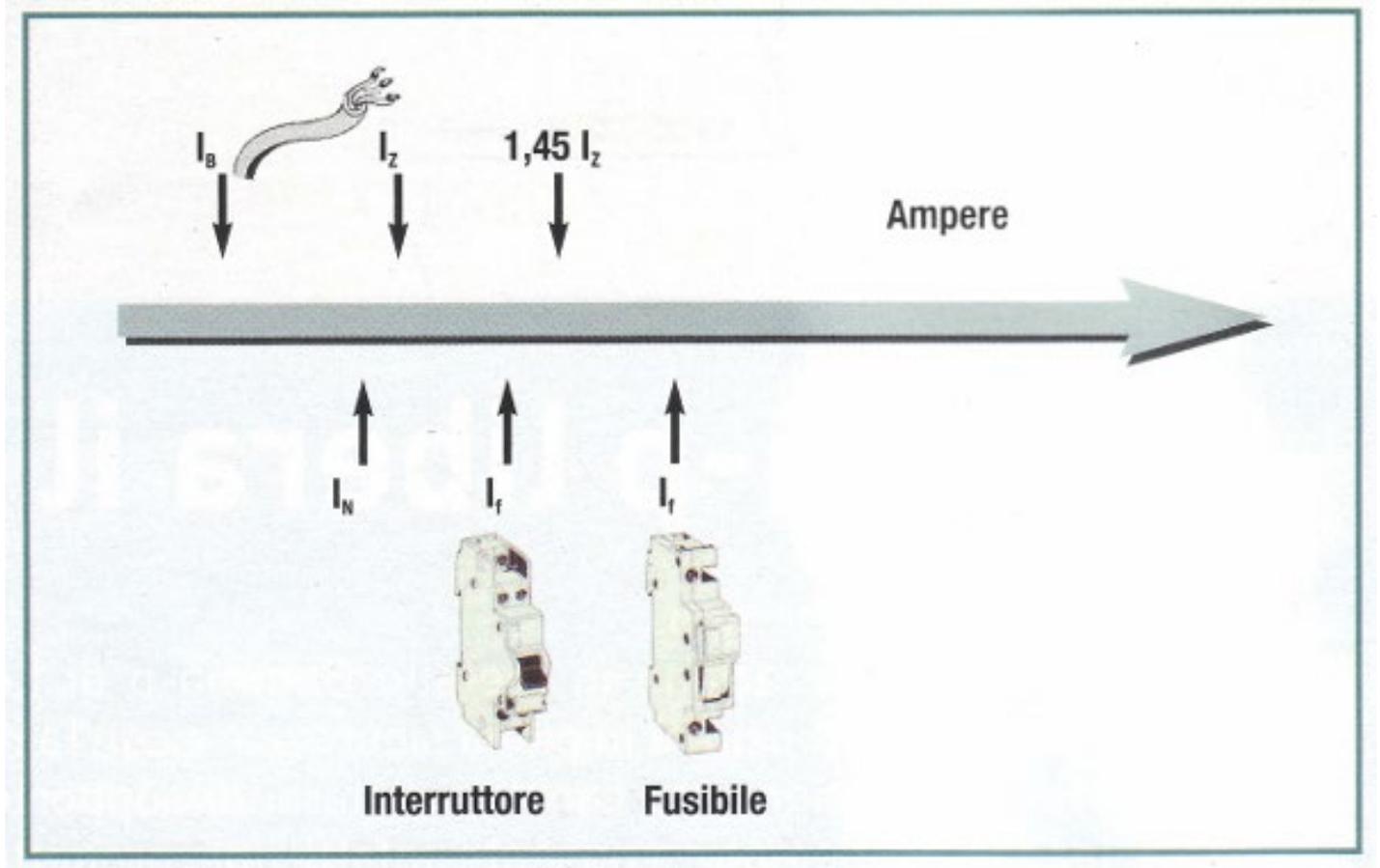
Utenza	Mobilità	Collegamento mediante	Tensione nominale (V)	Potenza nominale (kW)	n°	Ku x Kc	Potenza impegnata (kW)
Baracca servizi	fissa	linea F + N + T	230	2	1	0,8	1,6
Gru a torre	fissa	linea 3F + N + T	400	13	1	0,8	10,4
Impianto betonaggio	fissa	linea 3F + N + T	400	13	1	0,8	10,4
Piega ferri	movibile	presa a spina 3P +T 16A	400	3	1	0,8	2,4
Pompe sommerse	movibile	presa a spina 3P +T 16A	400	2	1	0,8	2,4
Saldatrici	movibile	presa a spina 3P +T 16A	400	3	1	0,4	1,2
Sega circolare	movibile	presa a spina 3P +T 16A	400	3	1	0,8	2,4
Taglierine	movibile	presa a spina 3P +T 16A	400	3	2	0,4	2,4
Apparecchi illuminazione	movibile	presa a spina 2P +T 16A	230	0,5	4	0,9	1,8
Utensili portatili vari	portatile	presa a spina 2P +T 16A	230	0,5	18	0,2	1,8
Vibratore per calcestruzzo	portatile	alimentatore	SELV	0,5	2	0,8	0,8
Totale potenza effettiva						(kW)	37,6
Totale potenza impegnata						(kW)	30 (1)
Totale potenza apparente						(kVA)	38 (2)
Corrente assorbita						(A)	95

(1) Fattore di contemporaneità complessivo = 0,8

(2) Fattore di potenza complessivo = 0,8

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$



I_B = corrente di impiego

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione

I_z = portata della conduttura

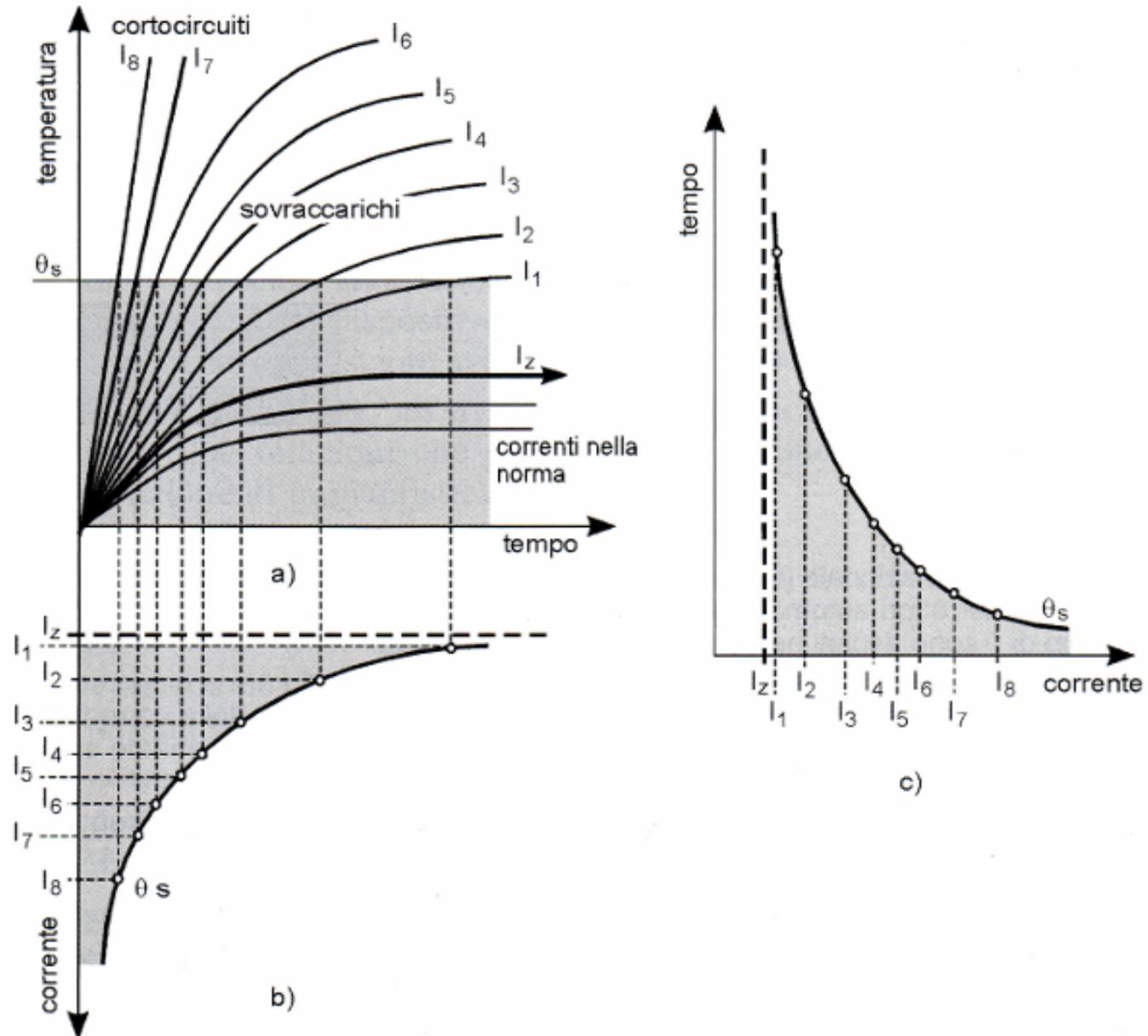
I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro un tempo definito

LE SOVRACORRENTI

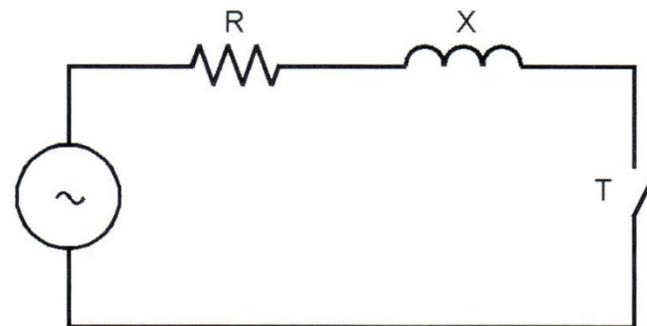
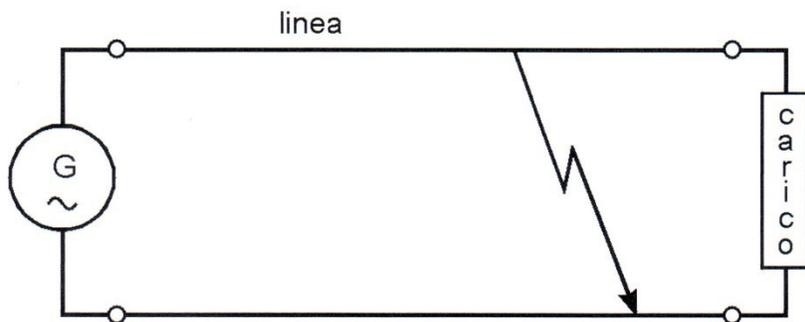
SOVRACCARICO = sovracorrente che si manifesta in un circuito elettricamente sano

CORTOCIRCUITO = sovracorrente che si verifica in seguito ad un guasto di impedenza trascurabile fra due punti fra i quali esiste tensione in condizioni ordinarie di esercizio

LE SOVRACCORRENTI



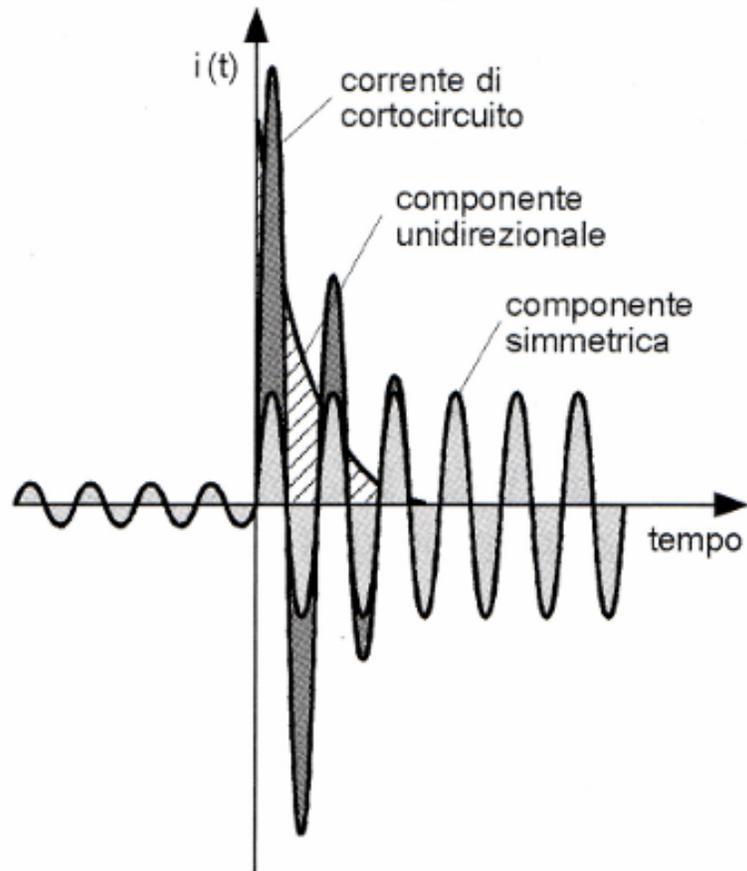
PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO



$$R \cdot i + L \frac{di}{dt} = u$$

$$i = I_M [\text{sen}(\omega t + \psi - \varphi) + e^{-t/\tau} \text{sen}(\varphi - \psi)]$$

PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO



- 1) determinare il valore della I_{cc} in ogni punto della condotta
- 2) predisporre un dispositivo che sia in grado di interrompere la I_{cc}
- 3) accertare, con verifica di tipo energetico, la salvaguardia termica del cavo

PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

$$\rho \frac{l}{S} i^2 dt = Slc d\vartheta$$

$$\int_0^{t_1} i^2 dt = cS^2 \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \frac{d\vartheta}{\rho}$$

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha\vartheta)$$

$$\int_0^{t_1} i^2 dt = \frac{cS^2}{\rho_0} \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \frac{d\vartheta}{1 + \alpha\vartheta}$$

$$\int_0^{t_1} i^2 dt = \frac{cS^2}{\alpha\rho_0} \ln \frac{1 + \alpha\vartheta}{1 + \alpha\vartheta_0}$$

Sostituendo, per un dato cavo, a ϑ il valore ϑ_f

$$K^2 = \frac{c}{\alpha\rho_0} \ln \frac{1 + \alpha\vartheta_f}{1 + \alpha\vartheta_0}$$

$$\int_0^{t_1} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

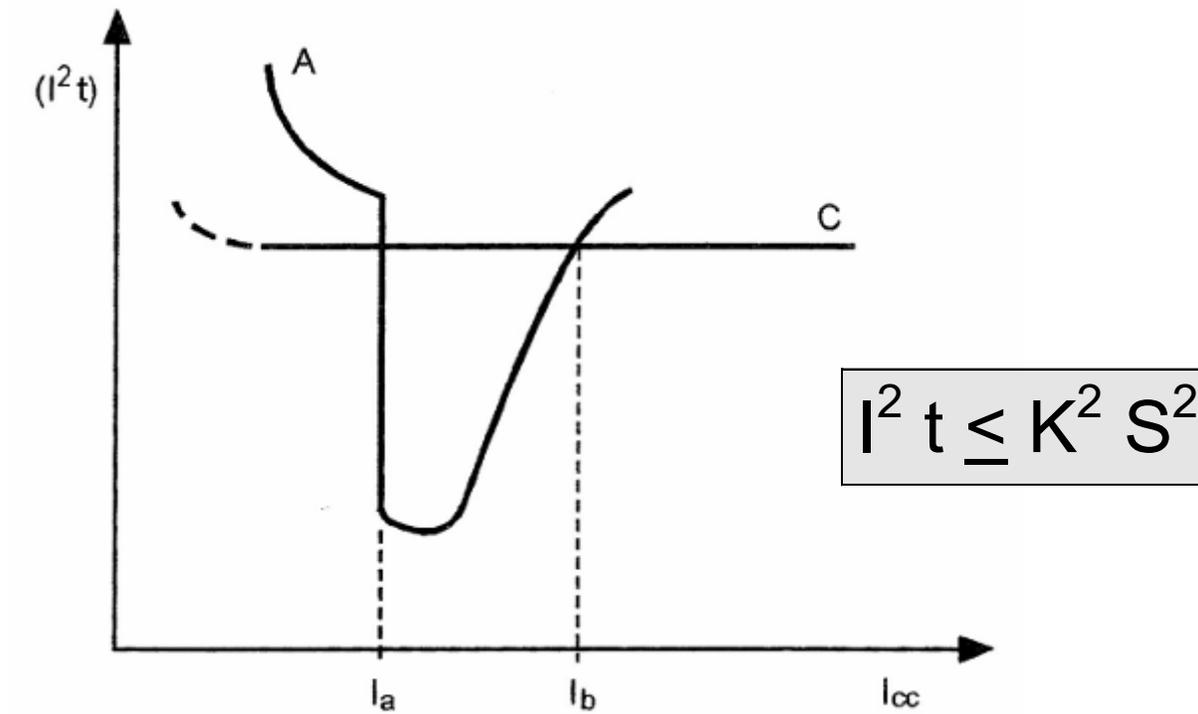
Art. 533.3 (Norma CEI 64-8, parte commento)

$$I_{cc \min} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{1,5 \rho \cdot 2 L} \quad (\text{neutro non distribuito})$$

$$I_{cc \min} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{1,5 \rho \cdot (1 + m) \cdot L} \quad (\text{neutro distribuito})$$

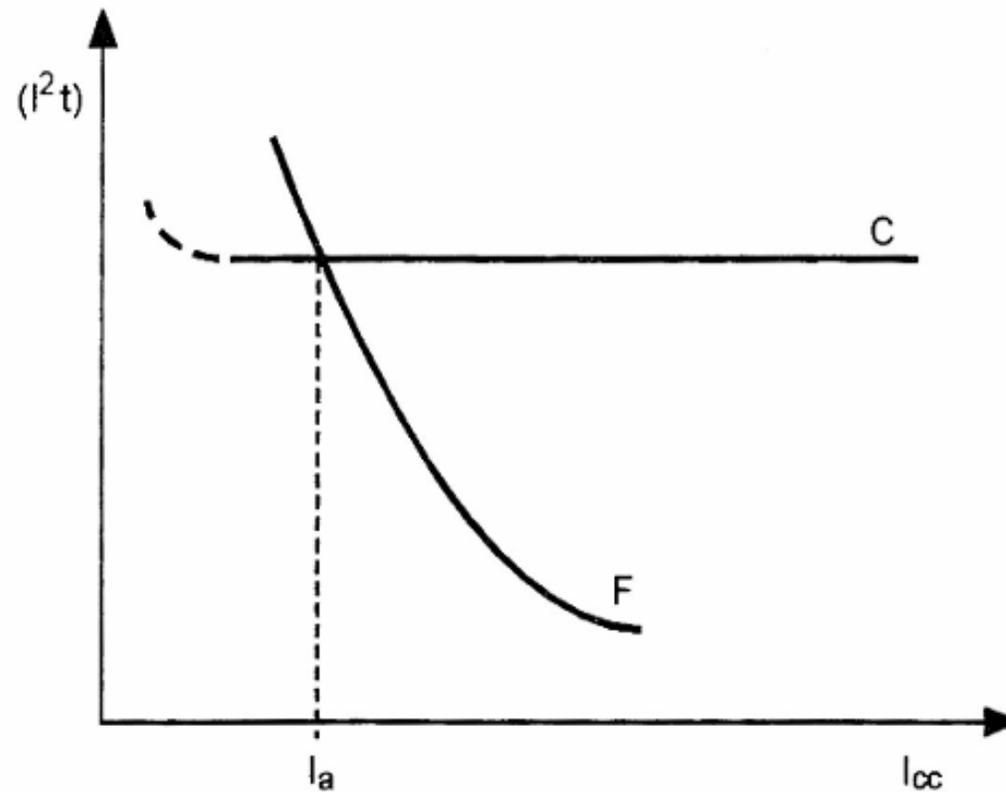
PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

A) Protezione mediante interruttori automatici

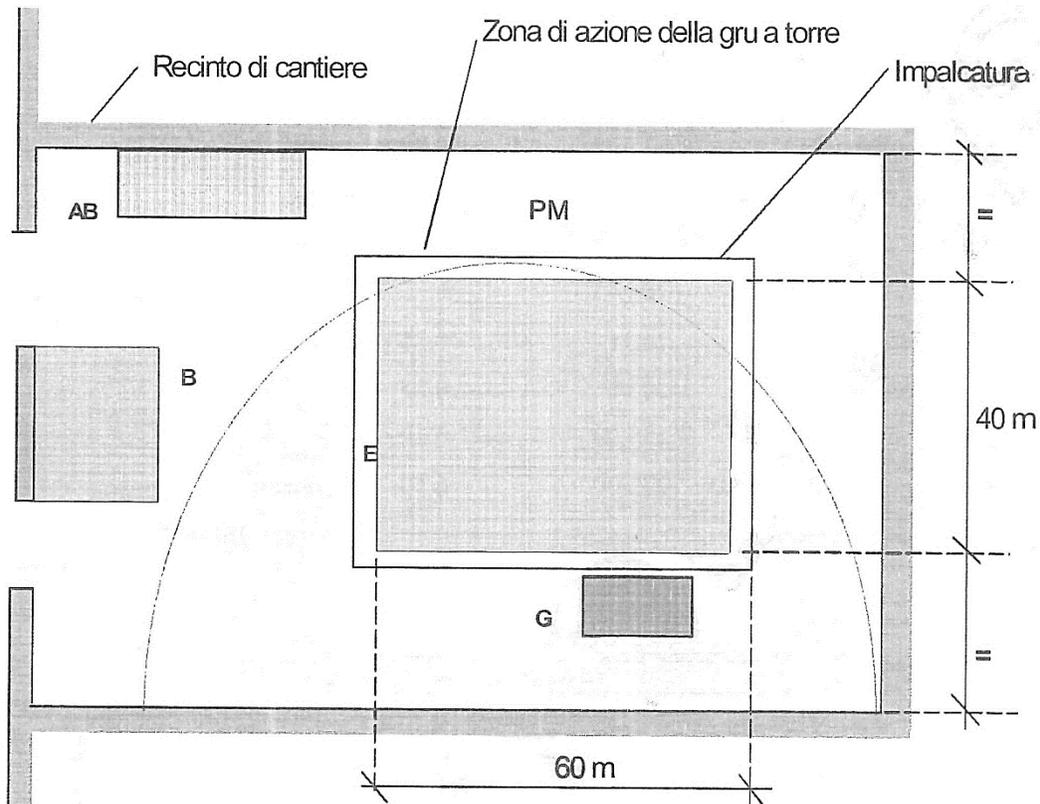


PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

B) Protezione mediante fusibili



$$I_{cc \text{ min}} \geq I_a$$



- B Baracca
- E Edificio in costruzione
- AB Area di betonaggio
- PM Passaggio mezzi pesanti
- LA Linea di alimentazione
- G Gru

Piano di posa linee e quadri

Nel rispetto della suddivisione dell'area di cantiere in zone (figura 2) e dall'analisi della posizione del punto di fornitura e delle utenze fisse, risulta opportuno posizionare il quadro generale in posizione baricentrica, e quindi, a lato della baracca.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Le utenze fisse risultano facilmente collegabili con linee posate su pali, seguendo il perimetro del cantiere per ridurre al minimo i rischi di interferenza.

Particolare attenzione si deve porre nel superamento dei passi carrai, ove si consiglia di tenere un franco da terra di almeno 5 m.

Per il collegamento del quadro Q3 si sceglie un tratto interrato, dal perimetro del cantiere all'edificio in costruzione, per evitare rischi di interferenza con la gru a torre ed eventuali mezzi meccanici.

Ne consegue lo schema planimetrico del posizionamento dei quadri e delle condutture rappresentato nella Figura 3.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

(1) Franco verso terra superiore a 5 m

(2) Protezione per il rispetto delle distanze di sicurezza

Q₀ = punto fornitura

quadro ASC

Q_G = quadro principale

quadro ASC

Q₁ = quadro servizio baracche

non è un quadro ASC

Q₂ = quadro impianto di betonaggio

non è un quadro ASC

Q₃ = quadro di distribuzione piano terra

quadro ASC

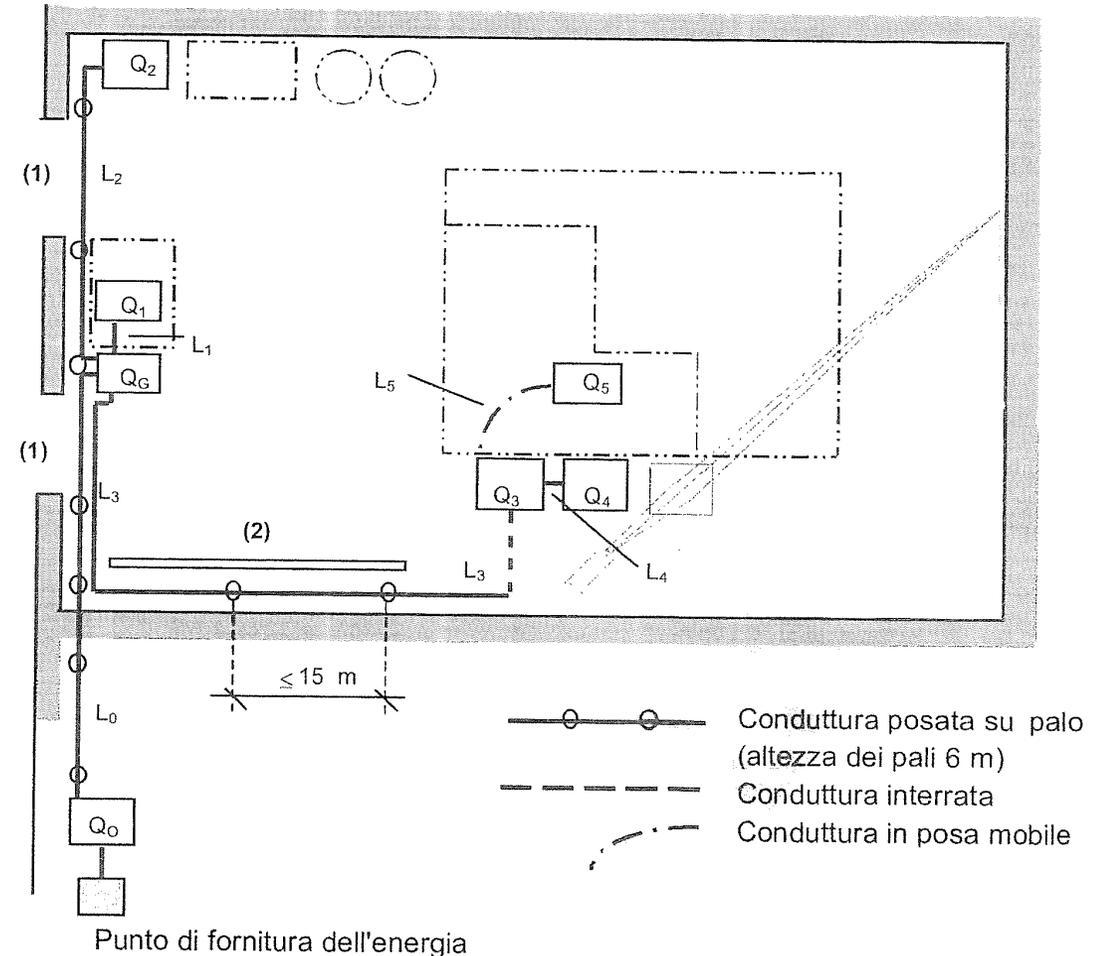
Q₄ = quadro gru a torre

non è un quadro ASC

(è un quadro a bordo macchina)

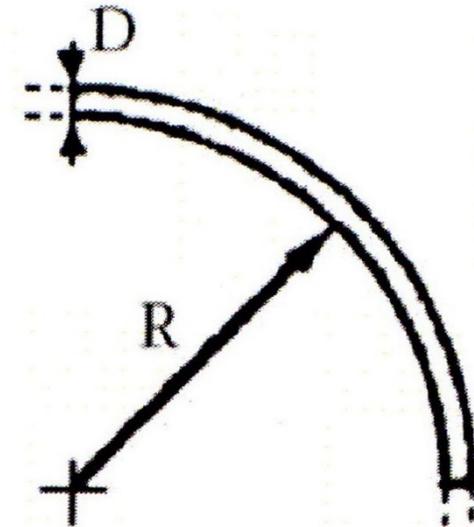
Q₅ = quadro distribuzione primo piano

quadro ASC



CONDUTTURE E CAVI

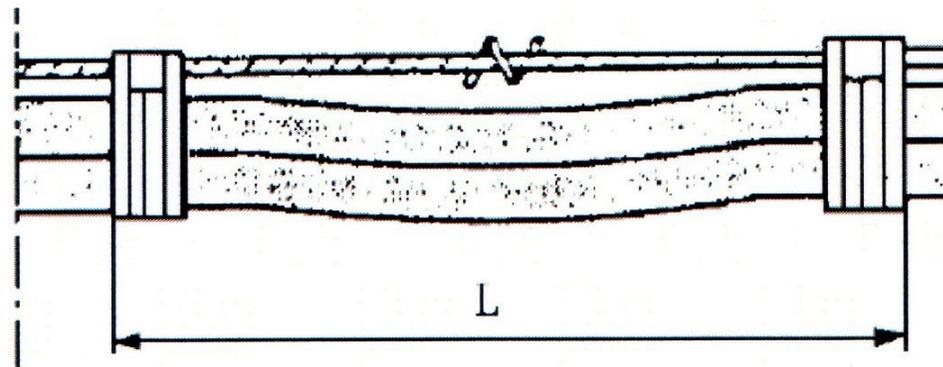
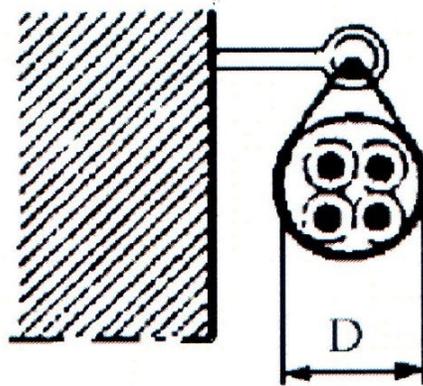
Devono essere rispettate le istruzioni fornite dal costruttore; per cavi non armati si consiglia che il raggio minimo di curvatura R superi di almeno 12 volte il diametro D del cavo



Raggio minimo di curvatura

CONDUTTURE E CAVI

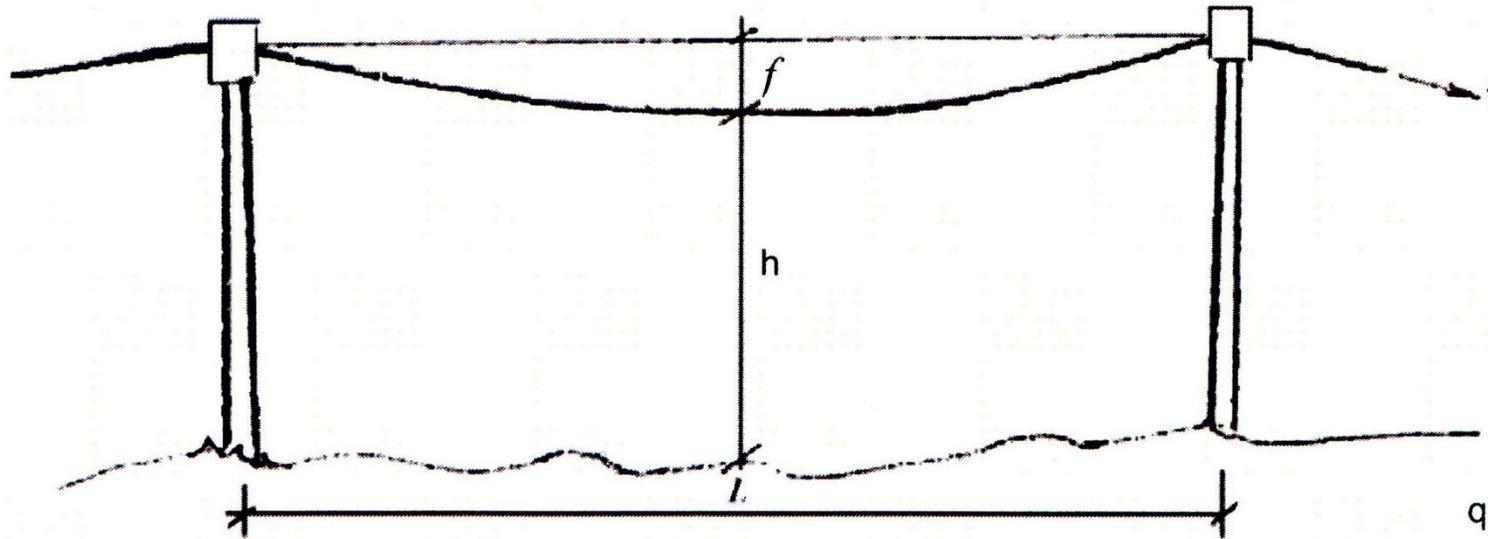
Quando il cavo non è autoportante e viene sospeso a funi metalliche, le fasciature devono essere tali da non danneggiare il cavo e disposte almeno ogni due metri.



Esempio di posa su funi

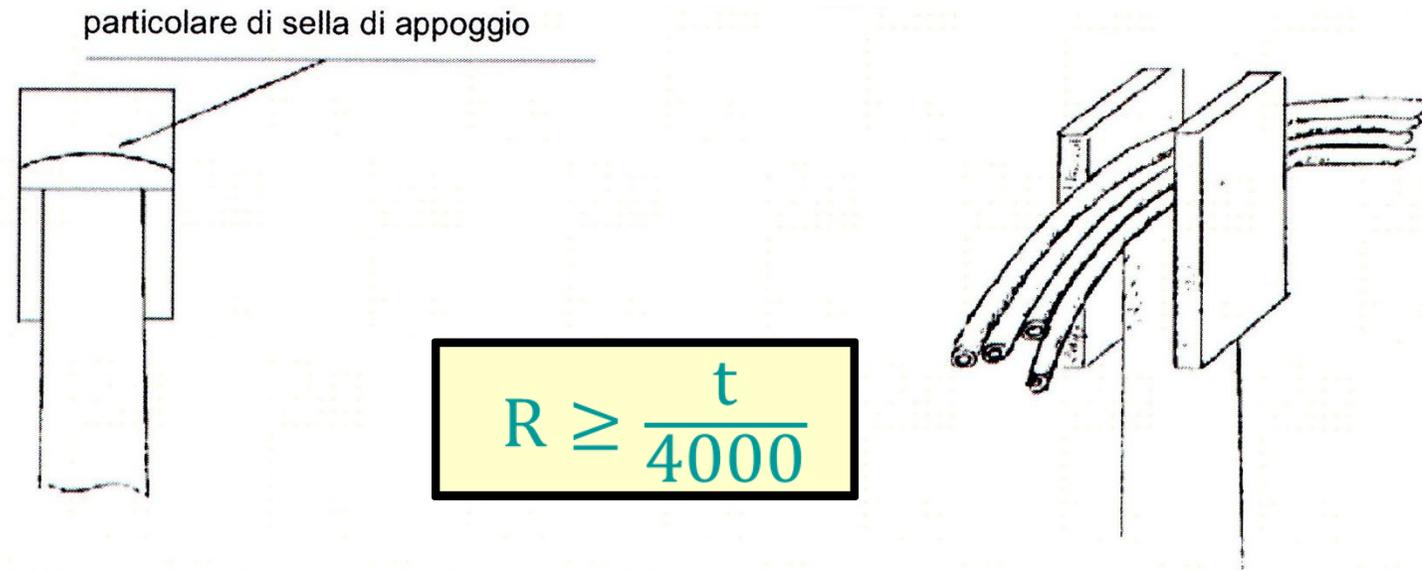
CONDUTTURE E CAVI

La posa su pali senza fune di sostegno è la più usata forma di realizzazione delle linee di cantiere. È una posa fissa.



CONDUTTURE E CAVI

Per questa posa non è ammesso il sostegno a mezzo di legacci in filo di ferro che rischiano di tagliare la guaina e l'isolante; il cavo deve essere sostenuto da selle in legno o altro materiale, prive di spigoli ed altri elementi taglienti.



QUADRI ELETTRICI

Quadri elettrici per cantieri

Devono essere costruiti e marcati CE nel rispetto della Norma CEI EN 61439-4 che prevede l'applicazione, oltre le regole generali della Norma CEI EN 61439-1, di particolari prescrizioni riguardanti:

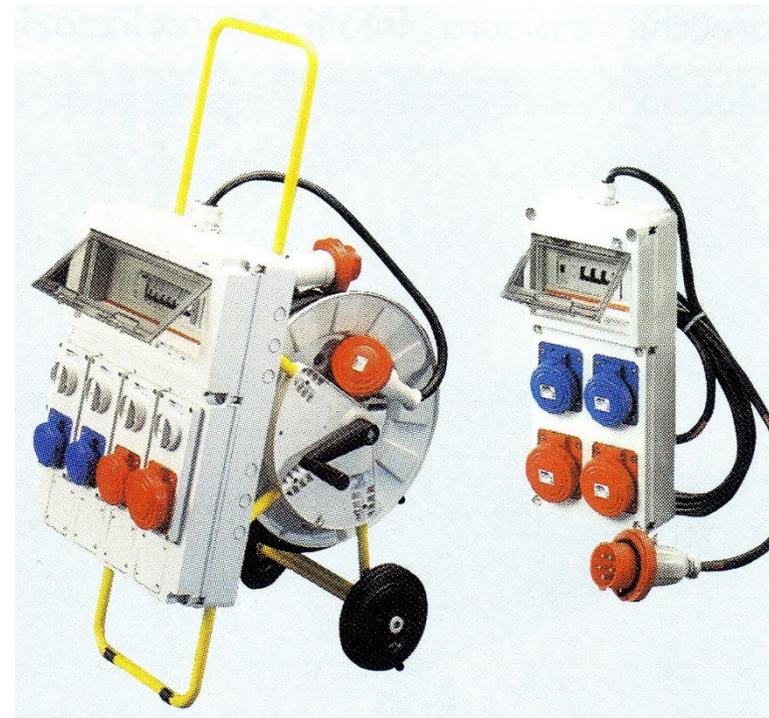
- Impatto meccanico e resistenza agli urti
- Protezione contro la corrosione
- Resistenza alla radiazione ultravioletta
- Grado di protezione minimo IP44

QUADRI ELETTRICI

Quadri elettrici per cantieri

La Norma CEI EN 61439-4 prevede le due seguenti tipologie di quadri elettrici rispetto le quattro previste dalla CEI EN 61439-1:

- Fisso (non si applica)
- Movibile (non si applica)
- Trasportabile
- Mobile



QUADRI ELETTRICI

Targa dell'ASC

Sulla targa, visibile e leggibile quando l'ASC è installato e in esercizio, devono esserci le seguenti informazioni:

- a) nome o marchio di fabbrica del costruttore del QUADRO
- b) indicazione del tipo o numero di identificazione o altro mezzo di identificazione che permetta di ottenere dal costruttore del QUADRO le informazioni pertinenti
- c) mezzi di identificazione della data di costruzione
- d) IEC 60439-4
- e) tipo di corrente (e frequenza in caso di c.a.)
- f) tensione nominale (U_n) (dell'ASC)
- g) corrente nominale dell'ASC (I_{nA})
- h) grado di protezione
- i) massa, quando superiore a 30 kg

Nota: se l'indicazione del nome o del marchio di fabbrica del costruttore appare sull'ASC, essa non deve essere riportata sulla targa

QUADRI ELETTRICI

Raccomandazioni per quadri ASC

La guida CEI 64-17, all'art. 7.3, ricorda che ogni ASC si compone di:

- **Unità di entrata che contiene:**
 - un dispositivo di sezionamento che deve poter essere bloccato in posizione di aperto;
 - un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti (che può essere omesso quando tale protezione è assicurata dal quadro a monte).
- **Unità di uscita con:**
 - dispositivi di manovra con azionamento simultaneo dei contatti di fase, facilmente accessibili senza l'uso di chiavi o attrezzi;
 - dispositivi di protezione da sovracorrenti;
 - dispositivi di protezione contro i contatti diretti e indiretti (differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA se si proteggono prese a spina con corrente nominale non superiore a 32 A).

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Linea di alimentazione L_0 - Scelta della conduttura

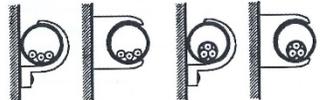
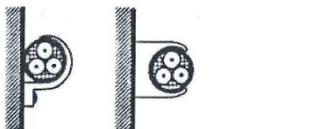
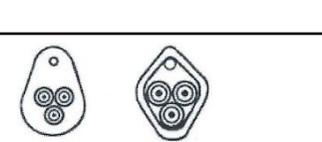
La conduttura è composta da un cavo multipolare posato su palo sospeso a fune portante in modo da ridurre il rischio di abrasioni derivante dalle oscillazioni provocate dal vento.

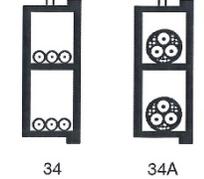
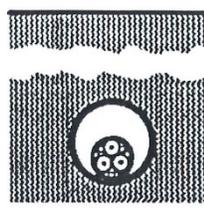
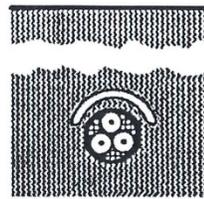
Con tale modalità di posa risultano compatibili i seguenti cavi: H07RN-F, FG7OR 0,6/1kV, N1VV-K.

La scelta viene effettuata sulla base delle caratteristiche di flessibilità e di convenienza.

Ai fini del presente esempio la scelta più opportuna potrebbe essere FG7OR 0,6/1kV.

CONDUTTURE E CAVI

Pose consigliate	N°	Rappresentazione Tab 52 c
Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti	3	
Cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti	3A	
Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, e cavi con isolamento minerale: — posati su o distanziati da pareti	11	
Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, e cavi con isolamento minerale: — su passerelle non perforate	12	
Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, e cavi con isolamento minerale: — su passerelle perforate (o su reti metalliche) con percorso orizzontale o verticale	13	
Cavi unipolari con guaina (o multipolari) sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto	17	

Pose consigliate	N°	Rappresentazione Tab 52 c
Cavi senza guaina in canali sospesi	34	
Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali sospesi	34A	
Cavi unipolari con guaina e multipolari in tubi protettivi interrati od in cunicoli interrati	61	
Cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati con protezione meccanica aggiuntiva	63	

CONDUTTURE E CAVI

Modalità di posa		Posa fissa				Posa mobile
		Tubi protettivi e canali	Passerelle e funi	Interrato		
				Tubi protettivi	Con protezione meccanica	
		3 3A 34 34A	11 12 13 17 34 34A	61	63	
Tipo	Tensioni					
N07V-K	450/750 V	SI	NO	NO	NO	NO
H07BQ-F	450/750 V	SI	SI	NO	NO	SI
H07RN-F	450/750 V	SI	SI	NO	NO	SI
FG7OR	0,6/1 kV	SI	SI	SI	SI	NO
N1VV-K	0,6/1 kV	SI	SI	SI	SI	NO

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Dimensionamento della condotta

Utilizzando un cavo FG7OR 0,6/1kV di sezione 25 mm² (diametro esterno circa 26 mm) la caduta di tensione è di circa 1,3%. La portata relativa alle condizioni di posa ed alle condizioni ambientali, irraggiamento solare compreso, è di circa 110 A.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Scelta e dimensionamento delle protezioni

L'interruttore installato nel quadro di alimentazione Q_0 ha le seguenti funzioni:

- sezionamento della linea a monte del quadro principale Q_G ;
- protezione della linea L_0 contro le sovracorrenti e contro i contatti indiretti.

Il potere di interruzione dell'interruttore generale deve risultare maggiore o uguale alla corrente presunta di cortocircuito di 10 kA e la corrente di regolazione termica dell'interruttore viene scelta pari a 100 A. Il dispositivo differenziale viene scelto con una corrente differenziale di intervento di 1 A e con ritardo di 1 s.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Interruttori del quadro QG

La corrente di cortocircuito presunta in fondo alla linea L_0 è di circa 4 kA. Gli interruttori del quadro principale Q_G vengono scelti con un potere di interruzione di almeno 6 kA.

L'interruttore generale ha una corrente di regolazione termica di 100 A ed è provvisto di dispositivo differenziale con corrente di intervento regolata ad 1 A e ritardo impostato a 0,3 s.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Linee di alimentazione L_1 ; L_2 ; L_3 - Scelta della conduttura

Per le condutture L_1 e L_2 valgono le stesse condizioni di posa della linea L_0 . La linea L_3 ha un tratto interrato in cavidotto e compatibilmente con la tabella il cavo potrebbe essere del tipo FG7OR 0,6/1kV o N1VV-K. Anche in questo caso si opta comunque per il cavo FG7OR 0,6/1kV.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Dimensionamento della condotta e delle protezioni contro i sovraccarichi

- La condotta L_1 (baracca servizi) alimenta un carico di 2 kW in monofase, ha una sezione di $2,5 \text{ mm}^2$ ed è protetta con un interruttore da 16 A.
- La condotta L_2 (impianto di betonaggio) alimenta un carico di 13 kW in trifase, ha una lunghezza di 50 m e quindi per contenere la caduta di tensione, si sceglie una sezione di 6 mm^2 . Il cavo è protetto con un interruttore da 32 A.
- La condotta L_3 (quadro di distribuzione piano terra) alimenta un carico di 18 kW complessivi, ha una lunghezza di 100 m e quindi, per contenere la caduta di tensione, si sceglie una sezione di 16 mm^2 . Il cavo è protetto con un interruttore da 50 A. La linea L_3 viene posata, per un tratto di 10 m, in tubo interrato e quindi l'intera condotta viene dimensionata come se fosse interamente realizzata in posa interrata.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Scelta e dimensionamento delle protezioni

Per permettere una flessibilità di utilizzo nelle varie zone del cantiere e nello stesso tempo per normalizzare le apparecchiature di cantiere, con lo scopo di riutilizzarle in altri siti, è preferibile che tutti gli interruttori installati nei quadri di distribuzione vengano scelti con un potere di interruzione di almeno 6 kA.

Le linee L_1 , L_2 e L_3 sono protette contro i contatti indiretti dal dispositivo differenziale installato sull'interruttore generale del quadro Q_G .

I dispositivi differenziali degli interruttori generali dei quadri alimentati dalle linee L_1 , L_2 e L_3 vengono scelti con corrente differenziale e tempi di intervento tali da risultare selettivi con l'interruttore installato nel quadro Q_G :

- quadro Q_1 ; interruttore generale con dispositivo differenziale da 30 mA a protezione di tutte le utenze installate nella baracca;
- quadro Q_2 ; interruttore generale con dispositivo differenziale da 300 mA tipo S;
- quadro Q_3 ; interruttore generale con dispositivo differenziale da 300 mA tipo S.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Linee di alimentazione L_4 e L_5 - Scelta della conduttura

La linea L_4 (alimentazione della gru a torre, quadro Q_4) è realizzata con tratto interrato in cavidotto e quindi, compatibilmente con la tabella, il cavo viene scelto del tipo FG7OR 0,6/1kV.

Si ritiene che la linea L_5 (alimentazione dei quadri di distribuzione di piano Q_5) sia soggetta a frequenti spostamenti per posizionare il quadro in prossimità delle aree di maggior utilizzo, o per eventualmente allontanarlo da aree con attività intense e pericolose. In tal caso la linea viene classificata come mobile e di conseguenza il cavo più idoneo risulta del tipo H07RN-F come riportato in tabella.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Dimensionamento della conduttura e delle protezioni contro i sovraccarichi

- La conduttura L_4 alimenta un carico di 13 kW in trifase, ha sezione 4 mm² ed è protetta con interruttore da 25 A con caratteristica di intervento 10-20 volte la corrente nominale per evitare scatti intempestivi durante l'avviamento dei motori.
- La conduttura L_5 alimenta un carico di 5 kW in trifase, ha sezione 6 mm² ed è protetta con interruttore da 16 A.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Scelta delle prese a spina

I quadri di distribuzione nell'area di cantiere sono dotati di prese a spina di tipo industriale, preferibilmente interbloccate, di tipo 2P+T 16 A, 3P+T 16 A e conformi alla Norma CEI EN 60309-1 e CEI EN 60309-2 (CEI 23-12/1 e CEI 23-12/2).

L'impianto elettrico che alimenta i servizi della baracca, destinata ad uso ufficio, è dotato di prese a spina di tipo civile, di composizione 2P+T 16 A e conformi alla Norma CEI 23-50.

Le prese a spina sono protette con dispositivo a corrente differenziale da 30 mA.

PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CORDONI PROLUNGATORI

Prese a spina:

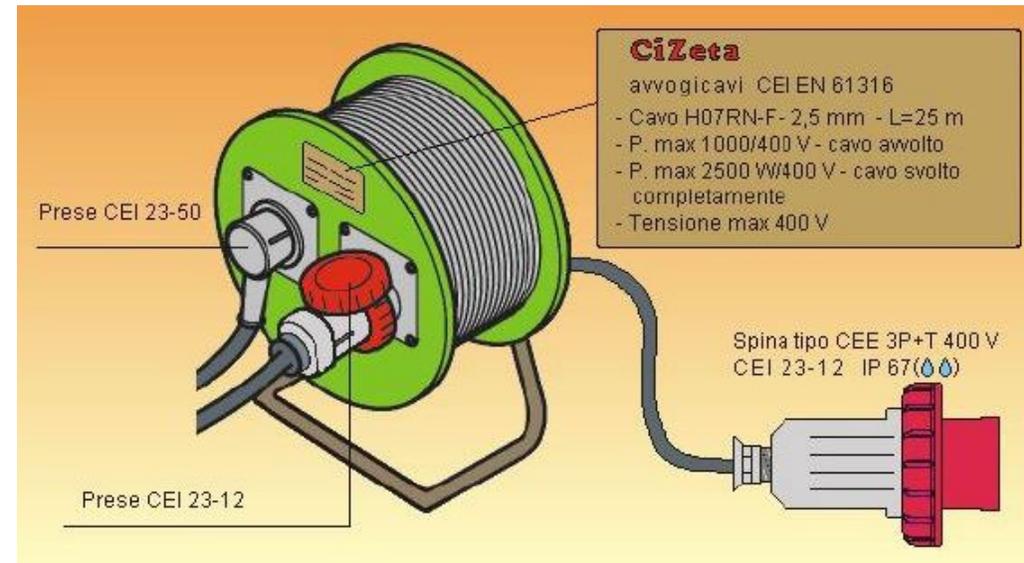
- protette da un differenziale, con $I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$ se $I_n \leq 32 \text{ A}$, oppure
- alimentate da sorgenti SELV, oppure
- utilizzare la separazione elettrica dei circuiti

Avvolgicavo:

- sezioni minime: 2,5 - 6 -16 mm² rispettivamente per avvolgicavo da 16-21-63 A
- marchio costruttore e potenza massima prelevabile

Cordoni prolungatori:

- consigliato IP66
- sezioni minime come per avvolgicavo



PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CORDONI PROLUNGATORI

Lunghezze del cavo consigliate degli avvolgicavi

Cavo	Sezione (mm ²)	Corrente nominale A	Lunghezza (m)
monofase	1,5	10	20
monofase	2,5	16	30
trifase	2,5	16	50
trifase	6	32	60

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Scelta dei quadri

I quadri ASC sono conformi alla Norma CEI EN 61439-4.

Gli interruttori generali dei quadri sono provvisti di blocco a chiave in posizione di aperto o sono posizionati in involucri chiudibili a chiave.

Al fine di facilitare il riutilizzo delle apparecchiature, tutti gli interruttori generali hanno la funzione di:

- protezione contro le sovracorrenti e contro i contatti indiretti;
- sezionamento dei circuiti di alimentazione.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

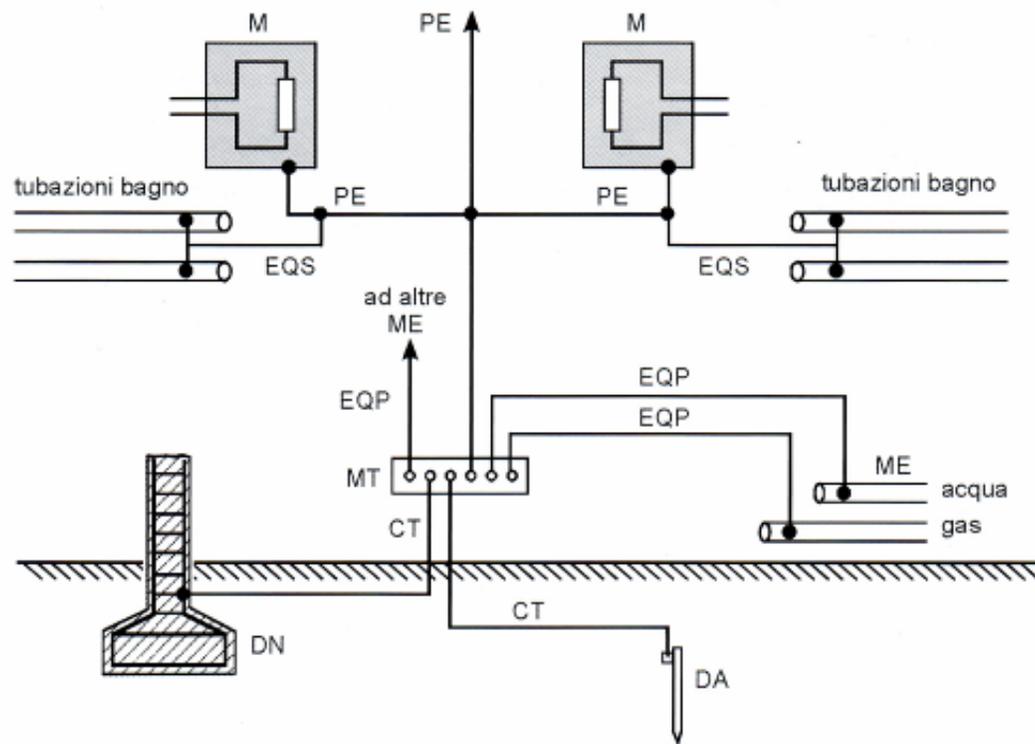
Dimensionamento dell'impianto di terra

I dispersori dell'impianto di terra del cantiere vengono realizzati in modo tale da permettere la loro integrazione nell'impianto di terra definitivo dell'edificio in costruzione.

Impianto di terra (art. 24-11, Norma CEI 64-8)

Insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) principali di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali, destinato a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento.

IMPIANTO DI TERRA

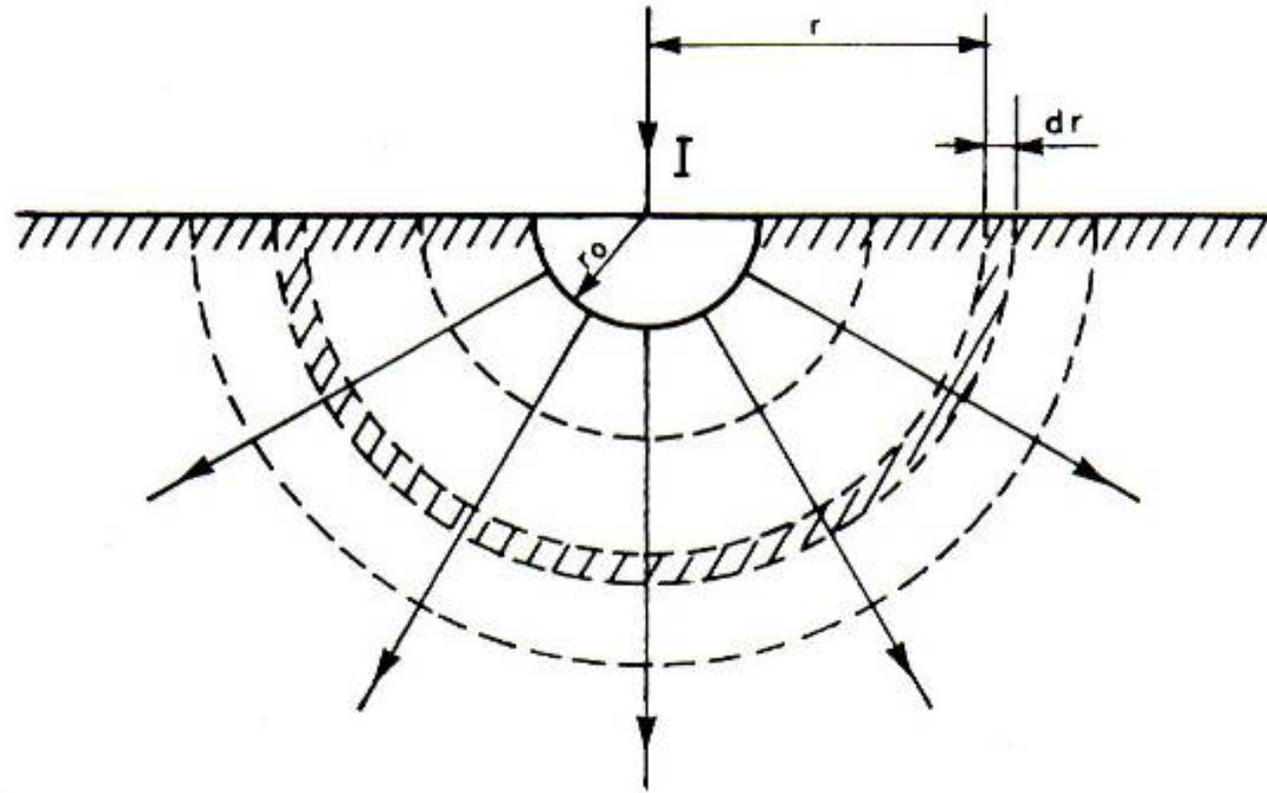


Elemento costitutivi l'impianto di terra:

DA = Dispersore intenzionale;
CT = Conduttore di terra;
ME = Massa estranea;
M = Massa;
PE = Conduttore di protezione;

DN = Dispersore di fatto;
EQP = Conduttore equipotenziale principale;
EQS = Conduttore equipotenziale
supplementare;
MT = Collettore (nodo) principale di terra

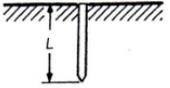
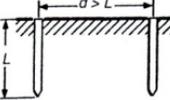
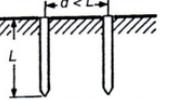
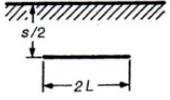
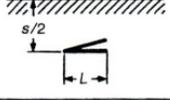
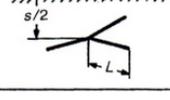
IL TERRENO COME CONDUTTORE ELETTRICO

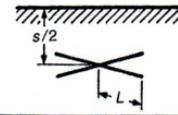
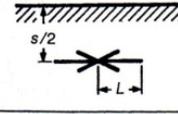
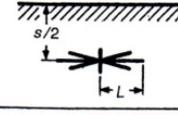
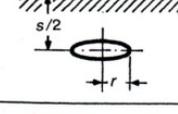
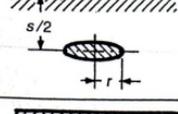
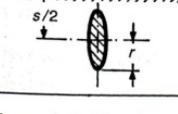


$$R_T = \rho \int_{r_0}^{\infty} \frac{dr}{2 \pi r^2} = \frac{\rho}{2 \pi r_0}$$

IL TERRENO COME CONDUTTORE ELETTRICO

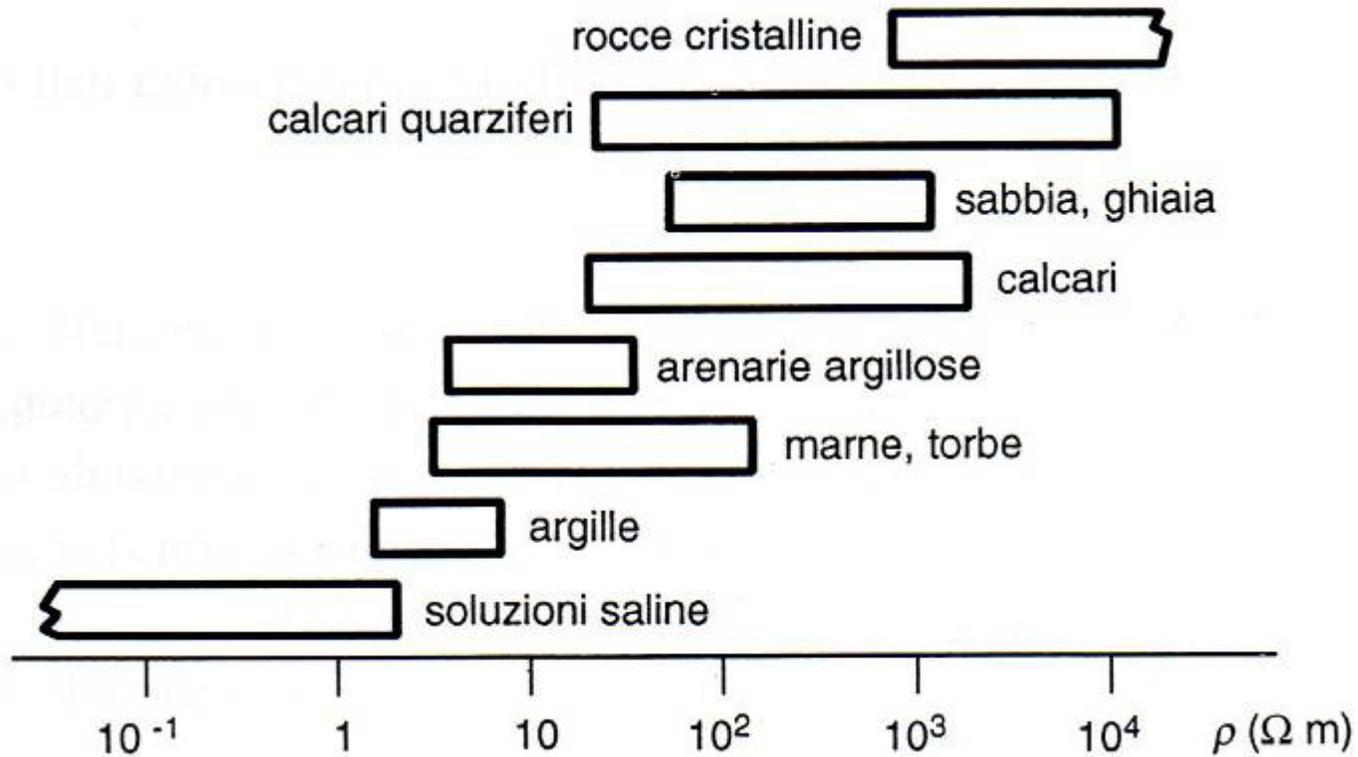
Resistenza di terra di alcuni dispersori

Tipo di dispersore		Resistenza di terra*
	Picchetto verticale; lunghezza L , raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
	Due picchetti verticali; lunghezza L , distanti d ($d > L$), raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi d} \left(1 - \frac{L^2}{3d^2} + \frac{2L^4}{5d^4} \dots \right)$
	Due picchetti verticali; lunghezza L , distanti d ($d < L$), raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{d} - 2 + \frac{d}{2L} - \frac{d^2}{16L^2} + \frac{d^4}{512L^4} \dots \right)$
	Dispersore lineare; lunghezza $2L$, profondità $s/2$, raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
	Dispersore angolare; lunghezza del braccio L , profondità $s/2$, raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0,2373 + 0,2146 \frac{s}{L} + 0,1035 \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$
	Stella a tre punte, lunghezza del braccio L , profondità $s/2$, raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1,071 - 0,209 \frac{s}{L} + 0,238 \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$

	Stella a quattro punte; lunghezza del braccio L , profondità $s/2$, raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2,912 - 1,071 \frac{s}{L} + 0,645 \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$
	Stella a sei punte; lunghezza del braccio L , profondità $s/2$, raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6,851 - 3,128 \frac{s}{L} + 1,758 \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$
	Stella a otto punte; lunghezza del braccio L , profondità $s/2$, raggio a .	$R_T = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10,98 - 5,51 \frac{s}{L} + 3,26 \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$
	Dispersore ad anello; raggio r , profondità $s/2$, raggio del conduttore a .	$R_T = \frac{\rho}{4\pi^2 r} \left(\ln \frac{8r}{a} + \ln \frac{8r}{s} \right)$
	Piastra rotonda orizzontale; profondità $s/2$, raggio della piastra r .	$R_T = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{7}{12} \frac{r^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{r^4}{s^4} \dots \right)$
	Piastra rotonda verticale; profondità $s/2$, raggio della piastra r .	$R_T = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 + \frac{7}{24} \frac{r^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{r^4}{s^4} \dots \right)$

* La resistività ρ è espressa in ohm per centimetro, le dimensioni in centimetri e la resistenza in ohm

IL TERRENO COME CONDUTTORE ELETTRICO



Resistività di alcune tipologie di terreno

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Dimensionamento dell'impianto di terra

Il piano di lavoro prevede uno sviluppo graduale secondo le seguenti fasi:

- 1) Montaggio della recinzione, sbancamento, scavi e ricopertura con ghiaia dei percorsi.

L'impianto di terra viene realizzato con un elemento di dispersione intenzionale (DA) installato in prossimità del quadro generale Q_1 . Il valore massimo ammissibile della resistenza di terra R_E è di 25Ω compatibile con la protezione differenziale installata nel quadro di distribuzione principale Q_0 ($R_E = U_L / I_{dn}$) (sistema TT).

L'elemento dispersore è composto da un picchetto massiccio in acciaio zincato a caldo del diametro di 20 mm e di lunghezza 2 m con una resistenza di terra calcolata R_D di circa 15,3 ohm.

Le condutture dell'acquedotto, che alimentano l'area di cantiere, vengono collegate al collettore principale di terra con conduttore equipotenziale principale di sezione 25 mm^2 .

IMPIANTO DI TERRA

Dispensore verticale

Profilato, tubo o asta metallica infisso nel terreno



Dispensore orizzontale

Conduttore interrato costituito da nastro, tondino o a corda che può essere disposto in modo radiale, ad anello, a maglia o da una loro combinazione



IMPIANTO DI TERRA

Dispersore di fondazione

Parte conduttrice immersa nel suolo nella fondazione dell'edificio o, preferibilmente, annegata nel cemento della fondazione, generalmente sotto forma di anello.



IMPIANTO DI TERRA

Conduttore di protezione (PE)

Conduttore prescritto per alcune misure di protezione, prevalentemente contro i contatti indiretti per il collegamento di alcune delle seguenti parti:

- masse;
- masse estranee;
- collettore (o nodo) principale di terra;
- dispersore;
- punto di terra della sorgente o neutro artificiale.

Conduttore di terra (CT)

Conduttore di protezione che collega il collettore (o nodo) principale di terra (MET) al dispersore e/o i singoli elementi del dispersore tra di loro.



IMPIANTO DI TERRA

1.7.1 Collettore (o nodo) principale di terra (MET)

Elemento (barra o morsettiera) a cui si collegano il conduttore di terra, i conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali, nonché i conduttori per la terra funzionale, se esistente.

Nota: MET (Main Earth Terminal)



ANALISI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO

6) Calcolo della resistenza di terra

a) Resistenza di un dispersore verticale

$$R_d = \rho_m / L$$

dove:

ρ_m = resistività del terreno [Ω m]

L = lunghezza dell'elemento a contatto con il terreno [m]

b) Resistenza di un dispersore orizzontale

$$R_d = 2 \rho_m / L$$

dove:

L = lunghezza dell'elemento a contatto con il terreno [m]

c) Resistenza di un sistema di elementi collegati a maglia

$$R_d = \rho_m / 4 r$$

dove:

r = raggio del cerchio di area equivalente a quella del dispersore in prova

ANALISI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO

6) Calcolo della resistenza di terra

La valutazione approssimativa del contributo dei dispersori di fatto può essere effettuata in accordo col documento CENELEC HD 60364-5-54. Nel caso ad esempio di un dispersore costituito da un pilastro metallico interrato, la resistenza è data dalla formula:

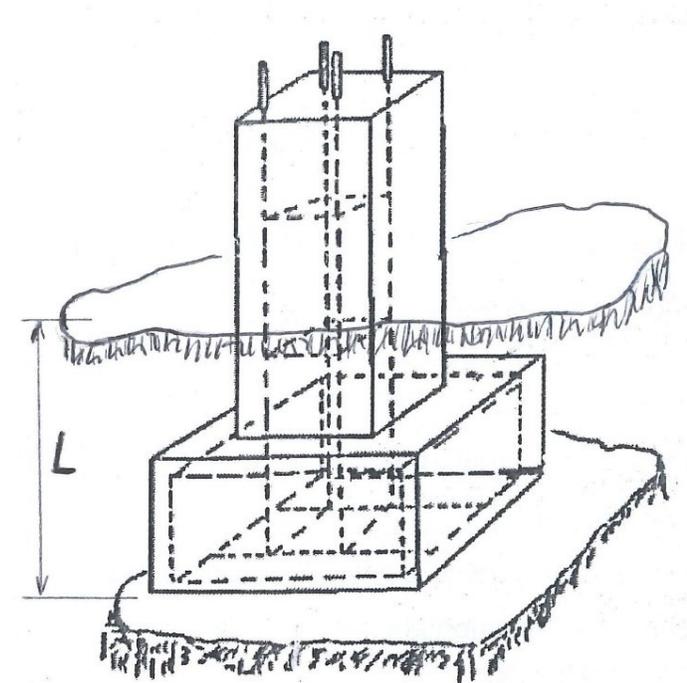
$$R = 0,366 \frac{\rho}{L} \log_{10} \frac{3L}{d}$$

dove:

L = è la lunghezza interrata del pilastro in metri

d = è il diametro del cerchio circoscritto al plinto, in metri

ρ = è la resistività del terreno in $\Omega \cdot m$



ANALISI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO

7) Dimensioni minime dei dispersori per garantirne la resistenza meccanica e alla corrosione

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro mm	Sezione mm ²	Spessore mm	Valori minimi μm	Valori medi μm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
	Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	25		1 000	
		Filo tondo		25		1 000	

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.
 (b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.
 (c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
 (d) Per fili singoli.

ANALISI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO

7) Dimensionamento dei conduttori di terra

- in assenza di protezione contro la corrosione le sezioni minime dei conduttori di terra non devono essere inferiori a:
 - 25 mm² se in rame - 50 mm² se in ferro zincato
- in assenza di protezioni meccaniche, ma con protezioni contro la corrosione (es. conduttore interrato con isolamento in PVC), le sezioni minime non devono comunque essere inferiori a:
 - 16 mm² se in rame - 16 mm² se in ferro zincato
- in presenza di protezione meccanica e di protezione contro la corrosione, la sezione minima può essere pari a quella del conduttore di protezione di sezione maggiore

ANALISI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO

7) Dimensionamento dei conduttori di protezione

Per il dimensionamento dei conduttori di protezione si utilizza normalmente la tabella 54F della Norma CEI 64-8

Sezione dei conduttori di fase dell'impianto S (mm ²)	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S_p = \frac{S}{2}$

In alternativa si può utilizzare la formula $S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Dimensionamento dell'impianto di terra

2) Realizzazione delle fondazioni in cemento armato dell'edificio.

Si provvede alla realizzazione di un dispersore, uguale al precedente, in prossimità della zona di installazione dell'impianto di betonaggio.

A completamento dell'impianto di terra si collega il dispersore intenzionale con il dispersore di fatto costituito dall'armatura in ferro dei plinti dell'edificio.

Per collegare i dispersori intenzionali tra loro ed al dispersore di fatto, si utilizza un dispersore orizzontale costituito da una corda in rame nudo, di sezione 35 mm^2 , interrato ad una profondità di 1 m e disposta ad anello lungo il perimetro del cantiere.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Dimensionamento dell'impianto di terra

3) Realizzazione delle strutture in cemento armato dell'edificio.

Si completa l'impianto di terra realizzando il collegamento tra l'armatura in ferro dei pilastri ed il collettore principale di terra dell'edificio.

Sarà cura dell'impresa appaltante realizzare i collegamenti tra i ferri di armatura in modo tale da garantirne la continuità elettrica.

4) Realizzazione delle pareti perimetrali e dei locali.

ESEMPIO DI IMPIANTO DI CANTIERE

Dimensionamento dell'impianto di terra

5) Realizzazione degli impianti elettrici e tecnologici dell'edificio.

Durante l'esecuzione dell'impianto elettrico dell'edificio si provvederà alla realizzazione dell'impianto di terra e alla sua connessione con i dispersori.

Con la realizzazione degli impianti tecnologici si introducono, nell'area di cantiere, delle masse che richiedono il collegamento equipotenziale con l'impianto di terra.

6) Lavori di completamento e di finitura.

7) Chiusura del cantiere.

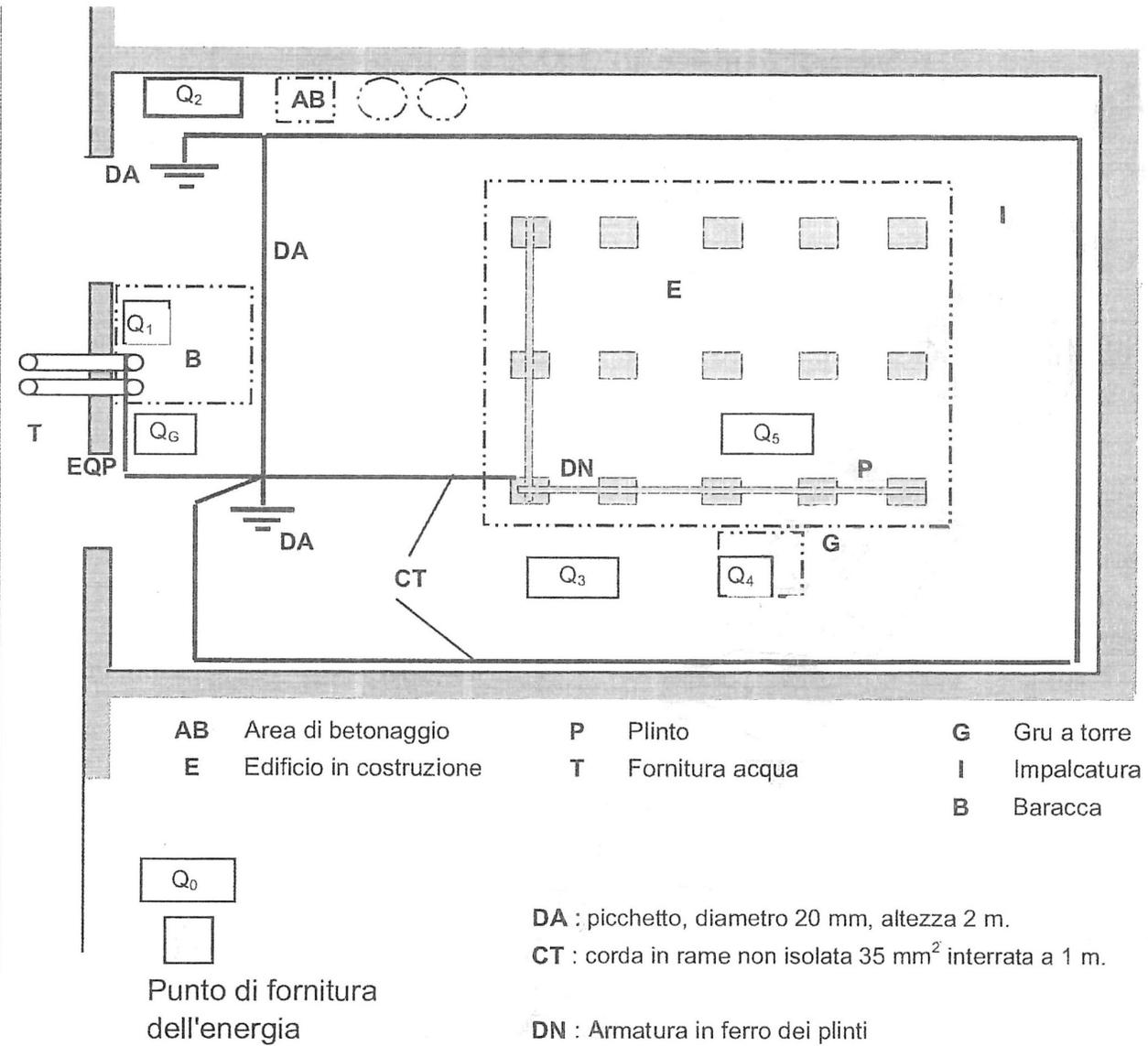


Fig. 4 - Planimetria dell'impianto di terra

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Situazione Normativa

Per quanto riguarda la protezione contro le sovratensioni da fulmine valgono le Norme CEI del comitato 81 con particolare riferimento a:

- CEI EN 62305-1/EC (Classificazione CEI: 81-10/1; EC1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
- CEI EN 62305-2/EC (Classificazione CEI: 81-10/2; EC1) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI EN 62305-3/EC (Classificazione CEI: 81-10/3; EC1) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN 62305-4/EC (Classificazione CEI: 81-10/4; EC1) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Secondo la CEI EN 62305-2, il fulmine può produrre tre tipi di danno:

- D1: danni ad esseri viventi (dovuti a tensioni di contatto e di passo)
- D2: danni fisici (dovuti a incendi, esplosioni, rotture meccaniche, rilascio di sostanze tossiche, ecc.)
- D3: avarie di apparecchiature elettriche ed elettroniche (dovute a sovratensioni)

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Uno stesso danno può produrre più tipi di perdite:

- L1: perdita vite umane
- L2: perdita servizio pubblico
- L3: perdita patrimonio culturale
- L4: perdita economica

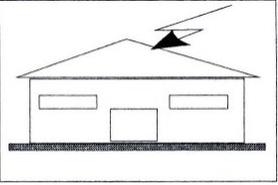
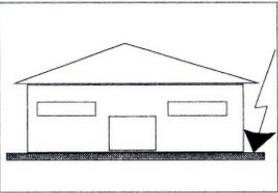
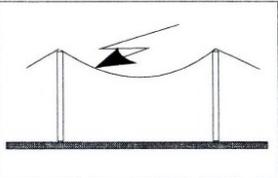
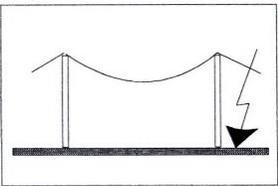
a ciascuna delle quali è associato un indice di rischio (R1, R2, R3, R4) che la Norma CEI EN 62305-2 consente di calcolare.

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Valutazione del rischio con procedura completa

La valutazione del rischio con procedura completa, sempre consigliata dalla Norma CEI 81-1 in sostituzione di quella semplificata, consente, nella quasi totalità dei casi, l'adozione di misure di protezione contro i fulmini diverse dall'installazione di LPS (esterno ed interno), installazione che risulta quasi sempre onerosa e di difficile realizzazione in presenza di vincoli artistici.

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Fulminazione		Struttura	
Punto d'impatto	Sorgente di danno	Tipo di danno	Tipo di perdita
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 (a) L1, L2, L3, L4 L1,(b) L2, L4
	S2	D3	L1,(b) L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 (a) L1, L2, L3, L4 L1,(b) L2, L4
	S4	D3	L1,(b) L2, L4

(a) Solo nel caso di strutture in cui si può verificare la perdita di animali

(b) Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture in cui guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Quando è necessaria la protezione contro i fulmini?

Quando la struttura è di notevoli dimensioni

Per stabilire se la struttura è di notevoli dimensioni occorre effettuare l'analisi del rischio secondo la norma CEI 81-10/2. Se il rischio calcolato (R) è inferiore a quello tollerato dalla norma ($R_T = 10^{-5}$), la struttura non è da considerare di notevoli dimensioni (struttura autoprotetta). Quando il rischio calcolato supera quello ammesso dalla norma, la struttura va considerata di notevoli dimensioni e deve essere protetta contro i fulmini.

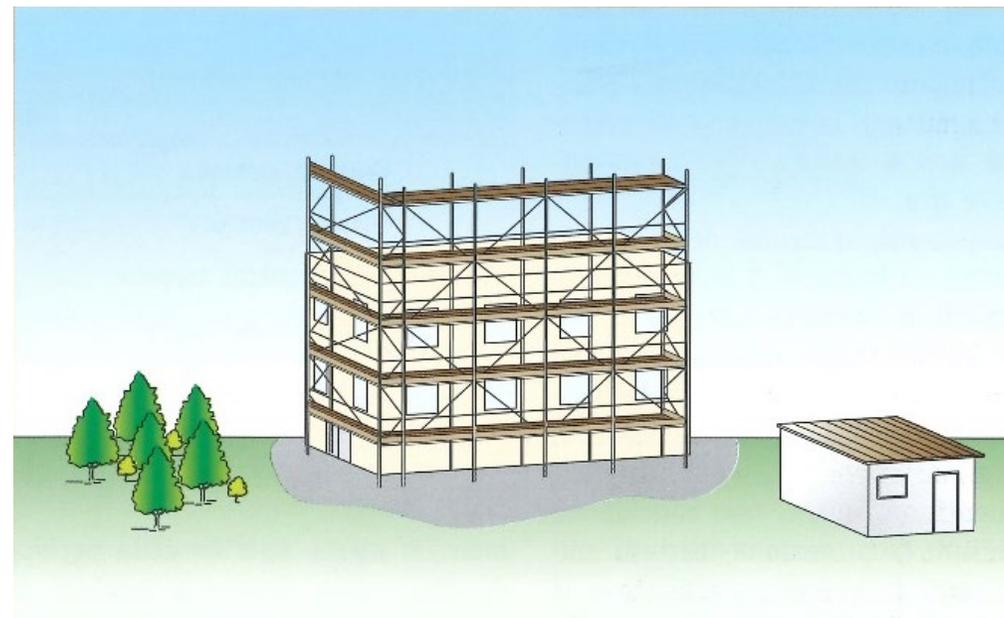
PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Esempio 1 (fonte TuttoNormel)

Si consideri un ponteggio (forma a L) addossato ad un edificio, ubicato nel comune di Bologna ($N_t = 2,5$ fulmini/km² anno), avente le seguenti dimensioni:

- larghezza: 2 m;
- lunghezza: 150 m;
- altezza: 35 m.

Il rischio calcolato ($R_A = 8,36 \cdot 10^{-9}$) risulta inferiore al limite tollerato dalla norma ($R_T = 10^{-5}$) e pertanto non occorre adottare misure di protezione e denunciare, ai sensi del DPR 462/01, il ponteggio.



PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

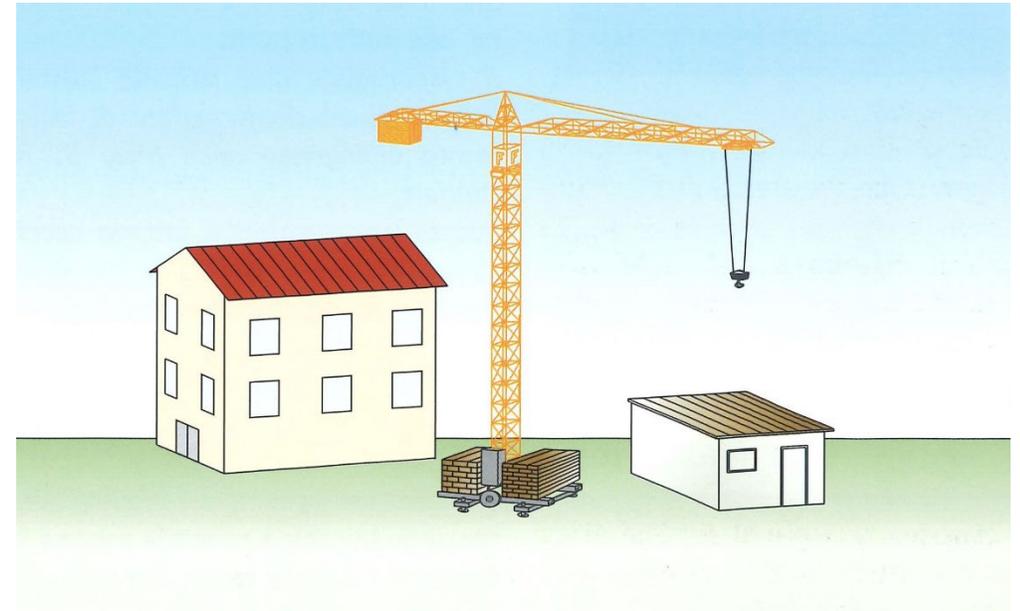
Esempio 2 (fonte TuttoNormel)

Si consideri una gru al servizio di un cantiere edile, ubicato nel comune di Roma ($N_t = 4$ fulmini/km² anno), avente le seguenti dimensioni:

- larghezza del braccio: 1,5 m;
- lunghezza del braccio: 52 m;
- altezza: 40 m.

Le strutture circostanti la gru sono di altezza inferiore, pertanto, il coefficiente di posizione vale $C_d = 0,5$.

Il rischio calcolato ($R_A = 1,16 \cdot 10^{-5}$) supera il limite tollerato dalla norma ($R_T = 10^{-5}$) e pertanto occorre adottare misure di protezione e denunciare, ai sensi del DPR 462/01, la gru.



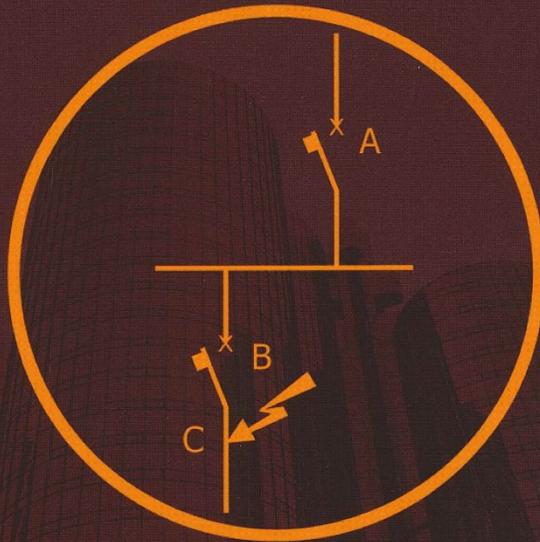
PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Se il ponteggio o la gru sono autoprotetti e quindi non sono di notevoli dimensioni, non occorre fare nulla.

Se, invece, il ponteggio o la gru richiedono un impianto di protezione, occorre inviare, entro 30 giorni dalla messa in servizio della struttura, copia della dichiarazione di conformità relativa all'impianto di protezione (priva di allegati) all'Asl/Arpa ed all'IspeSl territorialmente competenti per adempiere all'obbligo di denuncia ed incaricare, ogni due anni, l'Asl/Arpa o un organismo abilitato per le verifiche periodiche.

PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI A BASSA TENSIONE

2



Per chi desidera
approfondire

Grazie dell'attenzione