



# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p><b>IL PROGETTISTA</b>                  Dott. Ing. I. Barilli                  Ordine Ingegneri                  V.C.O.                  n° 122                  Dott. Ing. E. Pagani                  Ordine Ingegneri Milano                  n° 15408</p> 	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b>                   Project Manager                  (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                  Direttore Generale e                  RUP Validazione                  (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                   Amministratore Delegato                  (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	---	---

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI CALABRIA  <i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI - IMPIANTI TECNOLOGICI  <i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE  <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> AREA DI SOSTA E CONTROLLO - ZAGARELLA  <i>Titolo del documento</i> RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,                  INTERRUPTORI E QUADRI</p>	<p>CS0882_F0</p>
--	------------------

CODICE	C G 0 7 0 0	P	4 R	D C	S I	0 0	A S	5 C	0 0	0 0	0 2	F 0
--------	-------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	D. RE	G. LUPI	I. BARILLI



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
1 Introduzione .....	5
2 Denominazioni ed abbreviazioni utilizzate.....	6
3 Leggi e norme di riferimento .....	7
4 Dati e requisiti di base del progetto .....	8
5 Dimensionamento apparecchiature di cabina.....	10
6 Dimensionamento linee BT .....	11
6.1 Calcolo delle correnti d'impiego .....	11
6.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi .....	12
6.2.1 Generalità .....	12
6.2.2 Modalità di posa.....	14
6.2.3 Determinazione della portata .....	20
6.2.3.1 Cavi isolati in PVC ed EPR (CEI-UNEL 35024/1).....	20
6.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026).....	26
6.2.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro .....	29
6.2.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione .....	30
6.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi .....	31
6.3 Cadute di tensione.....	32
6.4 Rifasamento .....	33
6.5 Calcolo dei guasti .....	33
6.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete.....	34
6.5.1.1 Trasformatori .....	34
6.5.1.2 Generatori.....	36
6.5.1.3 Motori asincroni .....	37
6.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito .....	39
6.5.3 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito .....	42
6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture.....	44
6.6.1 Generalità .....	44
6.6.2 Integrale di Joule .....	45
6.6.3 Massima lunghezza protetta .....	46
6.7 Verifica contatti indiretti.....	47

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.7.1	Sistema di distribuzione TN .....	48
6.8	Calcoli dimensionali linee BT .....	49
7	Dimensionamento rete MT .....	49
7.1	Protezione da sovraccarico.....	49
7.2	Verifica della caduta di tensione .....	50
7.3	Tenuta termica al corto circuito massimo .....	50
7.4	Analisi e verifiche della rete MT .....	51
8	Dimensionamento impianti di ventilazione e climatizzazione locali tecnici.....	52
8.1	Ventilazione e caratteristiche del locale batterie.....	52
9	Allegati.....	54

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1 Introduzione

Nella presente relazione vengono illustrati le modalità ed i risultati dei calcoli eseguiti durante lo sviluppo del progetto definitivo relativo agli impianti elettrici di potenza MT e BT da realizzare a servizio dell'area di sosta e controllo Zagarella prevista nel versante calabrese, nell'ambito della costruzione dell'Opera di attraversamento sullo Stretto di Messina.

I criteri alla base della progettazione degli impianti in oggetto si possono così elencare:

- Sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti
- Semplicità ed economia di manutenzione
- Scelta di apparecchiature improntata a criteri di elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose
- Risparmio energetico
- Affidabilità degli impianti e massima continuità di servizio

Il presente documento, relativamente ai calcoli dimensionali degli impianti di Media Tensione (MT) e di Bassa Tensione (BT), intende evidenziare:

- la normativa tecnica utilizzata per il dimensionamento;
- i criteri di dimensionamento, tenendo conto dei vincoli impiantistici e della normativa vigente;
- i dati di input
- i risultati dei calcoli dimensionali e delle verifiche di calcolo necessarie per la definizione degli impianti MT e BT.

In particolare, sono descritti in generale i principali metodi di calcolo e di verifica, riportando le prescrizioni indicate dalla normativa in uso. Talvolta nei casi specifici, qualora sia necessario, potranno essere introdotte opportune ipotesi semplificative.

I risultati delle verifiche di impianto, ottenute con software commerciale o tramite fogli di calcolo, sono riportati negli allegati, a cui dovrà essere fatto riferimento anche per le sigle e la simbologia adottata.

Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche delle apparecchiature scelte, si rimanda agli elaborati grafici relativi ed in particolare agli schemi unifilari dei quadri elettrici.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 Denominazioni ed abbreviazioni utilizzate

Vengono introdotte le seguenti abbreviazioni (in ordine alfabetico):

- ac - Corrente alternata
- AD - Azienda distributrice di energia elettrica nel caso specifico sinonimo di ENEL
- AI - AntIncendio
- BT o bt - Bassa Tensione in c.a. (400/230V)
- CA - Continuità assoluta
- cc - Corrente Continua
- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano
- CSA - Capitolato Speciale di Appalto
- DL - Direzione dei Lavori, generale o specifica
- FM - Forza Motrice
- GE - Gruppo Elettrogeno
- IMQ - Istituto Italiano per il Marchio di Qualità
- IMS - Interruttore di Manovra e Sezionatore
- I/O - Input/Output
- IS - Illuminazione di Sicurezza
- ME - Messina
- MT - Media Tensione in c.a.: nel caso specifico sta per 20kV
- PC - Personal Computer
- PLC - Programmable Logic Controller
- RC - Reggio Calabria
- SA - Servizi Ausiliari ordinari
- SE - Servizi ausiliari Essenziali ai fini della sicurezza
- UNEL - Unificazione Elettrotecnica Italiana
- UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione
- VE - Impianti di ventilazione
- VVF - Vigili del Fuoco
- UPS - Gruppo di Continuità Assoluta

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 Leggi e norme di riferimento

Nello sviluppo del progetto definitivo delle opere impiantistiche descritte nel presente documento, oltre ai riferimenti legislativi, alle circolari ed alle norme tecniche indicate nel documento GCG.F.01.02 (Ottobre 2004), sono stati considerati, in particolare, anche i seguenti riferimenti:

- CEI 0-16 - Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica – Luglio 2008
- Norma CEI 11-1 - “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali”
- Norma CEI 11-17 - “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”
- CEI 11-20 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI 11-25 2001 IIa Ed. (IEC 60909-2001): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 33-5 Ia Ed. 1984: Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 660V.
- CEI 64-8 VIa Ed. 2007: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35023 2009: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastometrico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Assorbimenti unitari (W):
  - Apparecchio illuminante a 60 LED: 145 W
  - Apparecchio illuminante 80 LED: 190 W
  - Apparecchio illuminante 100 LED: 236 W
  - Apparecchio illuminante 120 LED: 284 W
  - Proiettore torre faro: 1080 W
  - PMV esterno tipo A: 4100 W
  - PMV esterno tipo B: 2800 W
  - Indicatore di corsia: 200 W
  - Telecamera fissa: 50 W
  - Telecamera brandeggiabile: 100 W
  - Sistema telecamere targhe/merci pericolose: 200 W
  - Sistema di conteggio traffico: 100 W
  - Sistema di pesatura dinamica: 500 W
  - Colonnina SOS: 300W
  - Centralina controllo meteo: 300 W
  - Sistema Tutor: 500 W
  - Barriere automatiche: 300 W
  - Centralina delineatori: 300 W
  - Semafori: 30 W
  - Armadio radio: 500 W
  - Armadio PLC: 500 W
  
- Caduta di tensione massima:
  - linee principali di distribuzione: <1%
  - linee secondarie di distribuzione: <3%
  
- Margine di potenza su apparecchiature 20%  
(trasformatori, UPS, ecc):
  
- Margine di sicurezza portate cavi e interruttori: 20%
  
- Riserva di spazio (o interruttori) sui quadri BT: 20%

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Riserva di spazio nelle canalizzazioni: 50%
- Riserva di spazio nelle tubazioni: diametro interno tubazione  $\geq 1/3$  del diametro circoscritto al fascio dei cavi
- Tipologia conduttori BT:
  - cavi nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni: FG7(O)M1 0.6/1 kV
  - cavi nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni in materiale plastico: NO7G9-K 450/750V
  - cavi interrati all'aperto posati all'interno di tubazioni in materiale plastico: FG7(O)R 0.6/1 kV

## 5 Dimensionamento apparecchiature di cabina

Nel caso specifico, per dimensionamento dell'impianto elettrico di potenza si intende il dimensionamento delle apparecchiature principali di cabina quali i trasformatori ed i gruppi di continuità assoluta (UPS).

La scelta della loro taglia deriva dalla valutazione dei carichi da alimentare che si riassumono nella seguenti tabelle, nella quale i valori si riferiscono alla potenza nominale delle singole apparecchiature:

Area di sosta e controllo Zagarella	POTENZA INSTALLATA [KW]	
	NORMALE	CA
Illuminazione area di sosta	39	
Servizi ausiliari ordinari	8	
Servizi ausiliari di sicurezza		39
<b>TOTALI PARZIALI (kW)</b>	<b>47</b>	<b>39</b>
<b>TOTALI PARZIALI (kVA) CON f.d.p.=0,9</b>	<b>52</b>	<b>43</b>
<b>TOTALE COMPLESSIVO (kW)</b>	<b>86</b>	
<b>TOTALE COMPLESSIVO (kVA) CON f.d.p.=0,9</b>	<b>95</b>	
<b>TAGLIA TRASFORMATORE (kVA)</b>	<b>160</b>	
<b>MARGINE POTENZA (Trasformatore)</b>	<b>68,22%</b>	
<b>TAGLIA UPS (kVA)</b>	<b>60</b>	
<b>MARGINE POTENZA (UPS)</b>	<b>24,35%</b>	

*Nota: CA sezione alimentata in emergenza da UPS*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Come si evince dalla tabella, ai fini del presente dimensionamento è stato considerato un fattore di potenza cautelativo pari a 0,90 in quanto il carico risulta rifasato sia con condensatori in campo (ad esempio gli apparecchi illuminanti ed i ventilatori booster) sia con quadro di rifasamento automatico in cabina.

Per quanto concerne i dettagli relativi alle potenze assorbite dai vari Impianti (illuminazione, ventilazione e servizi ausiliari) si rinvia agli schemi unifilari dei quadri elettrici di alimentazione.

Ovviamente, in seguito alla definizione delle taglie delle apparecchiature da installare in cabina, sono stati opportunamente dimensionati sia gli spazi tecnici per il loro contenimento che gli impianti di ventilazione/condizionamento idonei al mantenimento di una temperatura inferiore al valore massimo accettabile (tipicamente da 25°C a 40°C).

## 6 Dimensionamento linee BT

### 6.1 Calcolo delle correnti d'impiego

Per i carichi o utenze presenti nell'impianto la corrente d'impiego è calcolata dalla formula seguente, sulla base della potenza realmente assorbita:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- Pd = Potenza effettivamente assorbita dal carico
- Vn = Tensione nominale del sistema
- cos φ = Fattore di potenza
- kca = fattore dipendente dal sistema di collegamento
  - kca = 1 sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
  - kca = 1.73 sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza cos φ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di  $I_b$  vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos\varphi - j\sin\varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi-2\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) - j\sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi-4\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) - j\sin\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione  $V_n$  è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento  $P_d$  è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nel quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza  $P_n$ , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $\Sigma P_d$  a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan\varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ( $\Sigma Q_d$  a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos\varphi = \cos\left(\arctan\left(\frac{Q_n}{P_n}\right)\right)$$

## 6.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi

### 6.2.1 Generalità

Di seguito sono illustrati i criteri di dimensionamento e verifica dei cavi e delle relative protezioni, in relazione alle correnti di sovraccarico.

Il riferimento è la Norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), secondo la quale il dispositivo di protezione deve

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

dove:

- $I_b$  = Corrente di impiego del circuito
- $I_n$  = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- $I_z$  = Portata in regime permanente della conduttura
- $I_f$  = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

Affinché sia verificata la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata  $I_z$  della conduttura principale.

L'individuazione della portata si effettua utilizzando le seguenti tabelle di posa assegnate ai cavi:

- CEI 64-8 Tabella 52C (esempi di condutture);
- CEI-UNEL 35024/1 (portata dei cavi isolati in PVC ed EPR);
- CEI-UNEL 35026 (portata dei cavi interrati);

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile (portata) in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$I_{z\min} = \frac{I_n}{k_{tot}}$$

dove il coefficiente  $k_{tot}$  ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

Laddove necessario, saranno posti dei vincoli cautelativi, sui coefficienti di declassamento utilizzati.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (ricavata dalla tabella) sia superiore alla  $I_{z\min}$ . Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento  $I_f$  e corrente nominale  $I_n$  minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

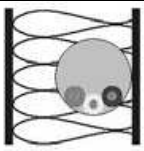
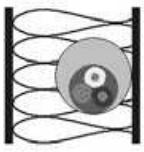
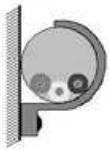
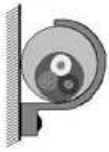


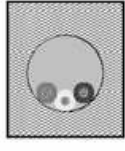
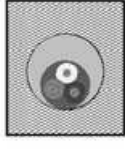
Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.



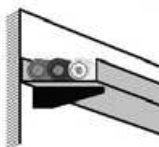
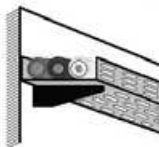
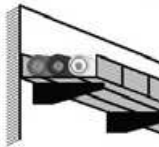
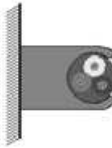


Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

Nei capitoli che seguono sono specificate le modalità di posa contemplate dalla Norma CEI 64-8, le tabelle ricavate dalle norme di cui sopra e i diversi metodi per la determinazione della portata.




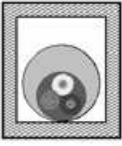
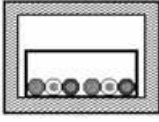
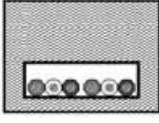
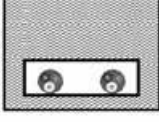
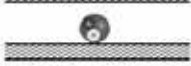
## 6.2.2 Modalità di posa

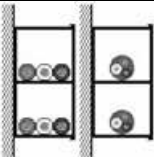



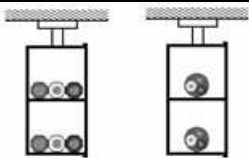

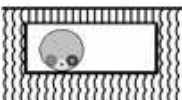
Con riferimento alla norma CEI 64-8/5, le tipologie di installazione previste sono riportate nella tabella seguente:

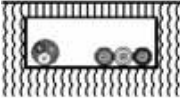

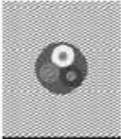
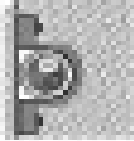
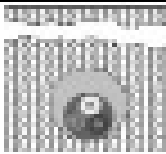
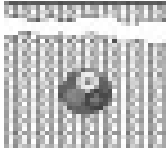
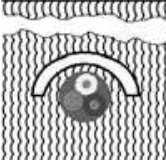
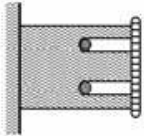
<b>ESEMPIO</b>	<b>RIFERIMENTO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
	1	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati
	2	cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati
	3	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
	3A	cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
	4	cavi senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti
	4A	cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti
	5	cavi senza guaina in tubi protettivi annegati nella muratura
	5A	cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura

<b>ESEMPIO</b>	<b>RIFERIMENTO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
	11	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su o distanziati da pareti
	11A	cavi multipolari (o unipolari con guaina) con o senza armatura fissati su soffitti
	12	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle non perforate
	13	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle perforate con percorso orizzontale o verticale
	14	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su mensole
	15	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, fissati da collari
	16	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle a traversini
	17	cavi unipolari con guaina (o multipolari) sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto






ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	18	conduttori nudi o cavi senza guaina su isolanti
	21	cavi multipolari (o unipolari con guaina) in cavità di strutture
	22	cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture
	22A	cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture
	23	cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture
	24	cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura
	24A	cavi multipolari (o unipolari con guaina), in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura
	25	cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati in: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ controsoffitti</li> <li>▪ pavimenti sopraelevati</li> </ul>

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	31	cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso orizzontale
	32	cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso verticale
	33	cavi senza guaina posati in canali incassati nel pavimento
	33A	cavi multipolari posati in canali incassati nel pavimento
	34	cavi senza guaina in canali sospesi
	34A	cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali sospesi
	41	cavi senza guaina e cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizzontale o verticale
	42	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	43	cavi unipolari con guaina e multipolari posati in cunicoli aperti o ventilati con percorso orizzontale e verticale
	51	cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente entro pareti termicamente isolanti
	52	cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente nella muratura senza protezione meccanica addizionale
	53	cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati nella muratura con protezione meccanica addizionale
	61	cavi unipolari con guaina e multipolari in tubi protettivi interrati od in cunicoli interrati
	62	cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati senza protezione meccanica addizionale
	63	cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati con protezione meccanica addizionale
	71	cavi senza guaina posati in elementi scanalati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	72	cavi senza guaina (o cavi unipolari con guaina o cavi multipolari) posati in canali provvisti di elementi di separazione: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ circuiti per cavi per comunicazione e per elaborazione dati</li> </ul>
	73	cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di porte
	74	cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di finestre
	75	cavi senza guaina, cavi multipolari o cavi unipolari con guaina in canale incassato
	81	cavi multipolari immersi in acqua

**Tabella 1 - Esempi di condutture (rif. CEI 64-8 tab.5C)**

Le figure riportate sono solo indicative dei metodi di installazione descritti, ma non rappresentano la reale messa in opera.

### 6.2.3 Determinazione della portata

#### 6.2.3.1 Cavi isolati in PVC ed EPR (CEI-UNEL 35024/1)

Per la determinazione della portata dei cavi in rame isolati in materiale elastomerico o termoplastico si fa riferimento alla tabella CEI-UNEL 35024/1.

La norma non prende in considerazione i cavi con posa interrata, in acqua o i cavi posti all'interno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di apparecchi elettrici o quadri e cavi per rotabili o aeromobili.

In particolare:

- il coefficiente  $k_{tot}$  è ottenuto dal prodotto dei coefficienti  $k_1$  e  $k_2$  ricavati dalle tabelle 3, 4, 5, 6;
- la portata nominale è ricavata dalle tabelle 7 e 8 in relazione al numero della posa (secondo CEI 64-8/5), all'isolante e al numero di conduttori attivi (riferita a 30°C).

$k_1$  è il coefficiente di correzione relativo alla temperatura ambiente

$k_2$  è il coefficiente di correzione per i cavi in fascio, in strato o su più strati.

Il coefficiente  $k_2$  si applica ai cavi del fascio o dello strato aventi sezioni simili (rientranti nelle tre sezioni unificate adiacenti) e uniformemente caricati.

Qualora  $K_2$  non sia applicabile, è sostituito dal coefficiente  $F$ :

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

dove  $n$  è il numero di cavi che compongono il fascio:

<b>n</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>F</b>	1	0.71	0.57	0.5	0.44	0.41	0.37	0.35

**Tabella 2 - Fattore di correzione per conduttori in fascio F**

Temperatura [°C]	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
30	1.00	1.00
35	0.94	0.96
40	0.87	0,91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0,61	0.76

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b> <b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,</b> <b>INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0

60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

**Tabella 3 - Influenza della temperatura  $k_1$**

n° di posa CEI 64-8	disposizione	numero di circuiti o di cavi multipolari											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
tutte le altre pose	raggruppati a fascio, annegati	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38
11/12/2025	singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari		
11A	strato a soffitto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
13	strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non perforate)	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
14-15-16-17	strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78			

**Tabella 4 - Circuiti realizzati con cavi in fascio o strato  $k_2$**

n° posa CEI 64-8	metodo di installazione		numero di cavi per ogni supporto							
			numero di passerelle	1	2	3	4	6	9	
13	passerelle perforate orizzontali	posa ravvicinata	2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68	
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
		posa distanziata	2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87		
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85		
13	passerelle perforate verticali	posa ravvicinata	2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70	
		posa distanziata	2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85		
14-15-16-17	scala posa cavi elemento di sostegno	posa ravvicinata	2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73	
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70	
		posa distanziata	2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96		
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93		

**Tabella 5 - Circuiti realizzati con cavi multipolari in strato su più supporti (es. passerelle)  $k_2$**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per posa distanziata si intendono cavi posizionati:

- ad una distanza almeno doppia del loro diametro in caso di cavi unipolari
- ad una distanza almeno pari alloro diametro in caso di cavi multipolari.

Se i cavi sono installati ad una distanza superiore a quella sopra indicata il fattore correttivo per circuiti in fascio non si applica ( $K_2 = 1$ ).

Nelle pose su passerelle orizzontali o su scala posa cavi, i cavi devono essere posizionati ad una distanza dalla superficie verticale (parete) maggiore o uguale a 20 mm.

n° posa CEI 64-8		numero d circuiti trifasi				utilizzato per
		numero di passerelle	1	2	3	
13	passerelle perforate	2	0,96	0,87	0,81	3 cavi in formazione orizzontale
		3	0,95	0,85	0,78	
13	passerelle perforate	2	0,95	0,84		3 cavi in formazione verticale
14-15-16-17	scala posa cavi o elemento di sostegno	2	0,98	0,93	0,89	3 cavi in formazione orizzontale
		3	0,97	0,90	0,86	
13	passerelle perforate	2	0,97	0,93	0,89	3 cavi in formazione a trefolo
		3	0,96	0,92	0,86	
13	passerelle perforate	2	1,00	0,90	0,86	
14-15-16-17	scala posa cavi o elemento di sostegno	2	0,97	0,95	0,93	
		3	0,96	0,94	0,9	

**Tabella 6 - Circuiti realizzati con cavi unipolari in strato su più supporti  $k_2$**

Nelle pose su passerelle orizzontali o su scala posa cavi, i cavi devono essere posizionati ad una distanza dalla superficie verticale (parete) maggiore o uguale a 20 mm. Le terne di cavi in formazione a trefolo si intendono disposte ad una distanza maggiore di due volte il diametro del singolo cavo unipolare.

Metod. di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isol.	n° conduttori caricati	Portata [A]																				
				Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]																				
				1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	
cavi in tubo incassato in parete isolante	1-1-1-1-73-74	PVC	2	-	14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210	240	273	320	-	-	-	-	-
			3	-	13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136	164	188	216	245	286	-	-	-	-	-
			2	-	19	26	35	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424	-	-	-	-	-
cavi in tubo in aria	3-4-5-22-23	PVC	3	-	17	23	31	40	54	73	95	117	141	179	216	249	285	324	380	-	-	-	-	-
			2	13,5	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-	-	-	-
			3	12	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	-	-	-	-	-
cavi in aria libera in posizione non a portata di mano	18	EPR	2	17	23	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	402	472	555	-	-	-	-	-
			3	15	20	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	355	417	490	-	-	-	-	-
			2	-	19,5	26	35	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	-	-	-	-	-
cavi in aria libera a trifoglio	11-12-21-25	PVC	3	-	15,5	21	28	36	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-	-	-	-
			2	-	24	33	45	58	80	107	142	175	212	270	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3	-	20	28	37	48	71	96	127	157	190	242	293	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cavi in aria libera in piano a contatto	13-14-15-16-17	EPR	3	-	24	33	45	58	80	107	135	169	207	268	328	383	444	510	607	703	823	946	1088	
			2	-	22	30	40	52	71	96	131	162	196	251	304	352	406	463	546	629	754	868	1005	
			3	-	19,5	26	35	46	63	85	114	143	174	225	275	321	372	427	507	587	689	789	905	
cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale(2)	14-15-16	EPR	2	-	27	37	50	64	88	119	161	200	242	310	377	437	504	575	679	783	940	1083	1254	
			3	-	24	33	45	58	80	107	141	176	216	279	342	400	464	533	634	736	868	998	1151	
			2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cavi in aria libera distanziati su un piano verticale (2)	13-14-15-16	PVC	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Tabella 7 - Portata cavi unipolari con e senza guaina con isolamento in PVC o EPR <sup>1</sup>

<sup>1</sup> PVC: miscela termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C). EPR: miscela elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)



Metod. di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isol.	n° conduttori caricati	Portata [A]																		
				Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]																		
				1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500
cavo in tubo		PVC	2	-	14	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334		
incassato in parete isolante	2-51-73-74	EPR	3	-	13	17,5	23	29	39	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261	298		
			2	-	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442		
			3	-	16,5	22	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346	396		
cavo in tubo	3A-4A-5A-21	PVC	2	13,5	16,5	23	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	258	294	344	394		
in aria	22A-24A-25		3	12	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149	179	206	225	255	297	339		
	33A-31-34A	EPR	2	17	22	30	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532		
	43-32		3	15	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455		
cavo in aria libera, distanziato dalla parete/soffitto o su passerella	13-14-15-16-17	PVC	2	15	22	30	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593		
			3	13,6	18,5	25	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430	497		
		EPR	2	19	26	36	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641	741		
cavo in aria libera, fissato alla parete/soffitto	11-11A-52-53-12	PVC	3	17	23	32	42	54	75	100	127	158	190	246	298	346	399	456	538	621		
			2	15	19,5	27	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	530		
			3	13,5	17,5	24	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299	341	403	464		
		EPR	2	19	24	33	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441	506	599	693		
			3	17	22	30	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371	424	500	576		

**Tabella 8 - Portata cavi multipolari con e senza guaina con isolamento in PVC o EPR <sup>3</sup>**

**2** I cavi unipolari affiancati che compongono il circuito trifase si considerano distanziati se posati in modo che la distanza tra di essi sia superiore o uguale a due volte il diametro esterno del singolo cavo unipolare.

**3** PVC: miscela termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C). EPR: miscela elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 6.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026)

Per la determinazione della portata dei cavi in rame con isolamento elastomerico o termoplastico si fa riferimento alla tabella CEI-UNEL 35026.

In particolare:

- il coefficiente  $k_{tot}$  è ottenuto dal prodotto dei coefficienti  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  e  $k_4$ , ricavati dalle tabelle 9, 10, 11, 12.
- la portata nominale è ricavata dalla tabella 13 in relazione al numero della posa (secondo CEI 64-8/5), all'isolante e al numero di conduttori attivi (riferita a  $d$  una temperatura del terreno di 20°C).

$k_1$  è il coefficiente di correzione relativo alla temperatura del terreno

$k_2$  è il coefficiente di correzione per gruppi di circuiti installati sullo stesso piano

$k_3$  è il coefficiente di correzione relativo alla profondità di interramento

$k_4$  è il coefficiente di correzione relativo alla resistività termica del terreno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Temperatura terreno [°C]	PVC	EPR
10	1.1	1.07
15	1.05	1.04
20	1	1
25	0.95	0.96
30	0.89	0.93
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.8
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65
65	-	0.6
70	-	0.53
75	-	0.46
80	-	0.38

**Tabella 9 - Influenza della temperatura del terreno –  $k_1$**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

un cavo multipolare per ciascun tubo				
n° circuiti	distanza fra i circuiti [m]			
	a contatto	0.25	0.5	1
2	0.85	0.9	0.95	0.95
3	0.75	0.85	0.9	0.95
4	0.7	0.8	0.85	0.9
5	0.65	0.8	0.85	0.9
6	0.6	0.8	0.8	0.9
un cavo unipolare per ciascun tubo				
n° circuiti	distanza fra i circuiti [m]			
	a contatto	0.25	0.5	1
2	0.8	0.9	0.9	0.95
3	0.7	0.8	0.85	0.9
4	0.65	0.75	0.8	0.9
5	0.6	0.7	0.8	0.9
6	0.6	0.7	0.8	0.9

**Tabella 10 - Gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano –  $k_2$**

<b>profondità di posa [m]</b>	0.5	0.8	1	1.2	1.5
<b>fattore di correzione</b>	1.02	1	0.98	0.96	0.94

**Tabella 11 - Influenza della profondità di posa –  $k_3$**

cavi unipolari					
<b>resistività del terreno [K m/W]</b>	1	1.2	1.5	2	2.5
<b>fattore di correzione</b>	1.08	1.05	1	0.9	0.82
cavi multipolari					
<b>resistività del terreno [K m/W]</b>	1	1.2	1.5	2	2.5
<b>fattore di correzione</b>	1.06	1.04	1	0.91	0.84

**Tabella 12 - Influenza della resistività termica del terreno –  $k_4$**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b> <b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,</b> <b>INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Metodi di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isol.	n° conduttori caricati	Portata [A]																					
				Sezione nominale [mm²]																					
				1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630			
cavi unipolari in tubi interrati a contatto (1 cavo per tubo)		PVC	2	22	29	38	47	63	82	105	127	157	191	225	259	294	330	386							
				20	26	34	43	57	74	95	115	141	171	201	231	262	293	342							
				26	34	44	54	73	95	122	148	182	222	261	301	343	385	450	509	592	686	759			
cavi unipolari in tubo interrato	61	PVC	2	21	27	36	45	61	78	101	123	153	187	222	256	292	328	386							
				18	23	30	38	51	66	86	104	129	158	187	216	246	277	325							
				24	32	41	52	70	91	118	144	178	218	258	298	340	383	450	510	595	671	767			
cavi multipolari in tubo interrato	61	PVC	2	21	27	35	44	59	77	100	121	150	184	217	251	287	323	379	429	500	565	645			
				19	25	33	41	56	73	94	115	143	175	208	240	273	307	360							
				16	21	28	35	47	61	79	97	120	148	175	202	231	259	304							
		EPR	3	19	25	32	41	55	72	93	114	141	174	206	238	272	306	360							
				23	30	39	49	66	86	111	136	168	207	245	284	324	364	428							
				23	30	39	49	66	86	111	136	168	207	245	284	324	364	428							

**Tabella 13 - Portata cavi unipolari con/senza guaina e cavi multipolari con isolamento in PVC o EPR**

### 6.2.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm<sup>2</sup>;;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in rame e a 25 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup> (conduttore in rame) e 25 mm<sup>2</sup> (conduttore in alluminio), il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

$$\begin{aligned}
 S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\
 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\
 S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2
 \end{aligned}$$

Qualora, in base a esigenze progettuali, si scelga di dimensionare il neutro per la reale corrente circolante, dovranno essere fatte le medesime considerazioni relative ai conduttori di fase.

### 6.2.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned}
 S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\
 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\
 S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2
 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- $S_p$  è la sezione del conduttore di protezione (mm<sup>2</sup>);
- $I$  è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- $t$  è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- $K$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm<sup>2</sup> se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm<sup>2</sup> se non è prevista una protezione meccanica;

## 6.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

esprese in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente  $\alpha_{cavo}$  è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 6.3 Cadute di tensione

La caduta di tensione in una linea percorsa dalla corrente  $I_b$  è rappresentata dalla formula seguente:

$$\Delta V = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \sqrt{(R_L \cdot L_c)^2 + (X_L \cdot L_c)^2}$$

dove

- $R_L$  = resistenza alla temperatura di funzionamento (per unità di lunghezza);
- $X_L$  = reattanza della linea (per unità di lunghezza);
- $k_{cdt}$  = coefficiente pari a 2 per i sistemi monofase e 1.73 per i sistemi trifase.

I parametri  $R_L$  e  $X_L$  per i cavi sono ricavati dalla tabella 35023 in funzione della tipologia (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori (espressi in unità di lunghezza).

Il calcolo può essere anche essere semplificato secondo la seguente formula seguente:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot L_c \cdot (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi)$$

Nei calcoli di verifica, il carico è ipotizzato concentrato a fondo della linea per le utenze singole e distribuito lungo la linea per le utenze multiple alimentate da dorsali.

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma vettoriale delle cadute di tensione, riferite ad un solo conduttore.

Nel caso in cui siano presenti trasformatori, il calcolo della caduta di tensione tiene conto della caduta interna e della presenza di eventuali prese di regolazione del rapporto spire.

La caduta di tensione percentuale è riferita alla tensione nominale dell'utenza in esame.

La verifica prevede il confronto tra il valore massimo calcolato nelle tre fasi e il limiti prestabiliti dalla Norma CEI 64-8 (par. 525).



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6.4 Rifasamento

Dato un carico che assorbe la potenza attiva  $P_n$  e la potenza reattiva  $Q$ , per diminuire  $\varphi$  e quindi aumentare  $\cos \varphi$  senza variare  $P_n$  (cioè per passare a  $\Theta < \varphi$ ), si deve introdurre una potenza  $Q_{rif}$  di segno opposto a quello di  $Q$ , tale che:

$$Q_{rif} = P_n \cdot (\tan \varphi - \tan \Theta)$$

nella quale  $\Theta$  è l'angolo corrispondente al fattore di potenza a cui si vuole rifasare. Tale valore oscilla tra 0.8 e 0.9 a seconda delle esigenze progettuali.

Il rifasamento può essere eseguito in due modalità:

- distribuito;
- centralizzato.

Tale scelta va valutata al fine di ottimizzare i costi ed i risultati finali, quindi le batterie di condensatori potranno essere inseriti localmente in parallelo ad un carico terminale, oppure centralizzato per rifasare un determinato nodo della rete.

Se la rete dispone di trasformatori, possono essere inserite anche batterie di rifasamento a valle degli stessi per compensare l'energia reattiva assorbita a vuoto dalla macchina.

La corrente nominale della batteria di condensatori viene calcolata tramite la:

$$I_{nc} = \frac{Q_{rif}}{k_{ca} \cdot V_n}$$

Le correnti nominali e di taratura delle protezioni devono tenere conto (CEI 33-5) che ogni batteria di condensatori può sopportare costantemente un sovraccarico del 30% dovuto alle armoniche; inoltre deve essere ammessa una tolleranza del +15% sul valore reale della capacità dei condensatori. Pertanto la corrente nominale dell'interruttore deve essere almeno di  $I_{arth}=1.53 I_{nc}$ .

Infine la taratura della protezione magnetica non dovrà essere inferiore a  $I_{tarmag}= 10 I_{nc}$

## 6.5 Calcolo dei guasti

Le tipologie di guasto considerate, sulla base della modellizzazione delle apparecchiature che compongono la rete, sono le seguenti:

- guasto trifase (simmetrico);

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

Per i diversi casi, i risultati del calcolo riguardano le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti della utenza a monte e, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

Nel seguito è riportato il metodo di calcolo utilizzato, con particolare riferimento a quanto indicato nella norma CEI 11-25. Qualora si ritenga necessario, nei casi specifici, sono talvolta introdotte alcune approssimazioni, sotto opportune ipotesi, per mezzo di formule semplificate.

## 6.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete

### 6.5.1.1 Trasformatori

Le caratteristiche dei trasformatori in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

- Potenza nominale  $P_n$  (in kVA);
- Perdite di cortocircuito  $P_{cc}$  (in W);
- Tensione di cortocircuito  $v_{cc}$  (in %)
- Rapporto tra la corrente di inserzione e la corrente nominale  $I_{lr}/I_{rt}$ ;
- Rapporto tra la impedenza alla sequenza omopolare e quella di corto circuito;
- Tipo di collegamento;
- Tensione nominale del primario  $V_1$  (in kV);
- Tensione nominale del secondario  $V_02$  (in V).

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in  $m\Omega$ :

$$Z_{cct} = \frac{v_{cc}}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in  $m\Omega$ :

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$R_{cct} = \frac{P_{cc}}{1000} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n^2}$$

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

$$X_{cct} = \sqrt{Z_{cct}^2 - R_{cct}^2}$$

L'impedenza a vuoto omopolare del trasformatore viene ricavata dal rapporto con l'impedenza di cortocircuito dello stesso:

$$Z_{vot} = Z_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

dove il rapporto  $Z_{vot}/Z_{cct}$  vale usualmente 10-20.

In uscita al trasformatore si otterranno pertanto i parametri alla sequenza diretta, in mΩ:

$$Z_d = |\dot{Z}_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

nella quale:

$$\begin{aligned} R_d &= R_{cct} \\ X_d &= X_{cct} \end{aligned}$$

I parametri alla sequenza omopolare dipendono invece dal tipo di collegamento del trasformatore in quanto, in base ad esso, abbiamo un diverso circuito equivalente.

Pertanto, se il trasformatore è collegato triangolo/stella (Dy), si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}$$

Diversamente, se il trasformatore è collegato stella/stella (Yy) si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

### Fattore di correzione per trasformatori, CEI 11-25 (3.3.3)

Per i trasformatori a due avvolgimenti, con e senza variazione sotto carico, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_T$  tale che:

$$\begin{aligned} Z_{cctK} &= K_T \cdot Z_{cct} \\ Z_{otK} &= K_T \cdot Z_{ot} \\ K_T &= 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_T} \end{aligned}$$

dove la reattanza relativa del trasformatore è calcolata con la formula seguente:

$$x_T = \frac{X_{cct}}{\sqrt{\frac{V_{02}^2}{P_n}}}$$

Tale fattore deve essere applicato sia alla impedenza diretta che a quelle omopolari e non va applicato nel caso di autotrasformatori.

#### 6.5.1.2 Generatori

Le caratteristiche dei generatori in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- potenza nominale P<sub>n</sub> (in kVA);
- reattanza sincrona percentuale x<sub>S</sub>;
- reattanza subtransitoria percentuale x'';
- rapporto tra l'impedenza omopolare e l'impedenza sincrona Z<sub>og</sub>/Z<sub>S</sub>.

L'impedenza subtransitoria si calcola con la formula:

$$X'' = \frac{x''}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

dalla quale si ricavano le componenti alla sequenza diretta:

$$\begin{aligned} R_d &= 0 \\ X_d &= X'' \end{aligned}$$

La componente resistiva si trascura rispetto alla componente reattiva del generatore.

L'impedenza sincrona si calcola con la formula:

$$X_s = \frac{x_s}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Dalla quale, tramite il rapporto Z<sub>og</sub>/Z<sub>S</sub>, si ricavano le componenti omopolari:

$$\begin{aligned} R_0 &= 0 \\ X_0 &= \frac{Z_{og}}{Z_s} \cdot X_s \end{aligned}$$

### 6.5.1.3 Motori asincroni

Le caratteristiche dei motori asincroni in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

- U<sub>m</sub> tensione nominale del motore [V] (concatenata per motori trifasi, di fase per motori monofasi collegati fase neutro o fase fase);
- I<sub>rm</sub> corrente nominale del motore [A];
- S<sub>rm</sub> potenza elettrica apparente nominale [kVA];
- P numero di coppie polari;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $I_{lr}/I_{rm}$  rapporto tra la corrente a motore bloccato (di c.c.) e la corrente nominale del motore;
- Fattore di potenza allo spunto.
- Possibilità di avviamento stella/triangolo per i motori trifasi, per cui si diminuisce  $I_{lr}/I_{rm}$  di 3.

L'impedenza del motore si calcola con la formula:

$$Z_M = \frac{1}{I_{lr}/I_{rm}} \cdot \frac{U_{rm}^2}{S_{rm}}$$

Per i motori asincroni si considera la corrente di interruzione  $i_b$  tenendo conto del tempo di ritardo di default pari a 0.02s. per calcolare i coefficienti  $m$  e  $\mu$ .

Il coefficiente  $m$  si calcola secondo la seguente tabella:

$$\begin{aligned} \mu &= 0.84 + 0.26 \cdot e^{-0.26(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.02 \text{ s} \\ \mu &= 0.71 + 0.51 \cdot e^{-0.30(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.05 \text{ s} \\ \mu &= 0.62 + 0.72 \cdot e^{-0.32(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.10 \text{ s} \\ \mu &= 0.56 + 0.94 \cdot e^{-0.38(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &\geq 0.25 \text{ s} \end{aligned}$$

se  $I_{lr}/I_{rm} \leq 2$  allora  $\mu = 1$ .

Per il coefficiente  $q$  si deve prendere la potenza attiva meccanica espressa in MW e dividerla per il numero di coppie polari  $P$  al fine di ottenere la variabile  $m$ :

$$m = \frac{S_{rm} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{1000 \cdot P}$$

con  $\cos \varphi$  fattore di potenza e  $\eta$  rendimento del motore.

Quindi:

$$\begin{aligned} q &= 1.03 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.02 \text{ s} \\ q &= 0.79 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.05 \text{ s} \\ q &= 0.57 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.10 \text{ s} \\ q &= 0.26 + 0.10 \cdot \ln m & t_{\min} &\geq 0.25 \text{ s} \end{aligned}$$

Se  $q > 1$  si pone  $q = 1$ .

Si divide  $Z_M$  per i coefficienti  $\mu$  e  $q$  per ottenere l'impedenza equivalente vista al momento del guasto:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$Z_{Mib} = \frac{Z_M}{\mu \cdot q}$$

Da cui, a seconda della tensione e della potenza del motore, si possono avere:

$X_M = 0.995 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.10 \cdot X_M$	per motori a media tensione con potenza $P_{rm}$ per coppie di poli $\geq 1$ MW
$X_M = 0.989 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.15 \cdot X_M$	per motori a media tensione con potenza $P_{rm}$ per coppie di poli $< 1$ MW
$X_M = 0.922 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.42 \cdot X_M$	per motori a bassa tensione

Per le componenti alle sequenze si considerano le sole componenti dirette mentre quelle omopolari non vengono considerate, in quanto il contributo ai guasti lo danno solo i motori trifasi. Essi contribuiscono ai guasti trifasi e a quelli bifasi nelle utenze trifasi e bifasi.

$$R_d = R_M$$

$$X_d = X_M$$

### 6.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Le condizioni di calcolo sono le seguenti:

- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione  $C_{max}$  (CEI 11-25 tab.1);
- impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza a 80 °C, data dalle tabelle UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (60 \cdot 0.004)} \right)$$

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se  $f$  è la frequenza d'esercizio, risulta:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

L'impedenza di guasto minima a fine utenza è ricavata dalla somma dei parametri diretti di cui sopra con quelli relativi all'utenza a monte.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

dove le resistenze  $R_{dcavoNeutro}$  e  $R_{dcavoPE}$  vengono calcolate come la  $R_{dcavo}$ .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b> <b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,</b> <b>INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello\_guasto}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.  
Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase  $I_{kmax}$ , fase neutro  $I_{k1Neutromax}$ , fase terra

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$I_{k1PEmax}$  e bifase  $I_{k2max}$  espresse in kA:

$$I_{k \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}}$$

$$I_{k1Neutr \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr \min}}$$

$$I_{k1PE \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}}$$

$$I_{k2 \max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

$$I_{p1Neuro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr \max}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

### 6.5.3 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5.

La tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione  $c_{\min}$  di cui alla tab. 1 della norma CEI 11-25.

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

- isolamento in PVC Tmax = 70°C
- isolamento in G Tmax = 85°C
- isolamento in G5/G7 Tmax = 90°C
- isolamento serie L rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie L nudo Tmax = 105°C
- isolamento serie H rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie H nudo Tmax = 105°C

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0Neutro} = R_{0Neutro} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, determinano le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase  $I_{k1min}$  e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$

$$I_{k1Neutro\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutro\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

### 6.6.1 Generalità

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

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

dove:

- I: corrente di corto circuito [A] espressa in valore efficace
- t: durata del corto circuito
- S: sezione del conduttore [mm<sup>2</sup>]
- K: coefficiente che dipende dal tipo di cavo e dall'isolamento (descritto nei paragrafi successivi)

Pertanto, l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- Le intersezioni sono due:
  - $I_{ccmin} \geq I_{inters \ min}$  (quest'ultima riportata nella norma come Ia);
  - $I_{ccmax} \leq I_{inters \ max}$  (quest'ultima riportata nella norma come Ib).
- L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
  - $I_{ccmin} \geq I_{inters \ min}$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
  - $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$ .

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo.

### 6.6.2 Integrale di Joule

La verifica a corto circuito, come riportato nel paragrafo precedente, fa riferimento al calcolo dell'integrale di Joule:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 87

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

### 6.6.3 Massima lunghezza protetta

Il calcolo della massima lunghezza protetta è eseguito mediante il criterio proposto dalla norma CEI 64-8 al paragrafo 533.3, secondo cui la corrente di cortocircuito presunta è calcolata come:

$$I_{ctocto} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{L_{\max prot}}{S_f}}$$

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza del cavo protetta in base ad essa.

Pertanto:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$L_{\max \text{ prot}} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{I_{ctocto}}{S_f}}$$

Dove:

- U: è la tensione concatenata per i neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;
- $\rho$ : è la resistività a 20°C del conduttore;
- m: rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);
- $I_{mag}$ : taratura della magnetica.

Viene tenuto conto, inoltre, dei fattori di riduzione (per la reattanza):

- 0.9 per sezioni di 120 mm<sup>2</sup>;
- 0.85 per sezioni di 150 mm<sup>2</sup>;
- 0.8 per sezioni di 185 mm<sup>2</sup>;
- 0.75 per sezioni di 240 mm<sup>2</sup>;

Per ulteriori dettagli si veda norma CEI 64-8 par.533.3 sezione commenti.

## 6.7 Verifica contatti indiretti

La verifica della protezione contro i contatti indiretti è eseguita secondo i criteri descritti dalla Norma CEI 64-8 e di seguito riportati, relativamente ai diversi sistemi di distribuzione.

Per assicurare la protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica del circuito è necessario adottare i seguenti accorgimenti:

- Collegamento a terra di tutte le masse metalliche;
- Collegamento al collettore di terra dell'edificio dei conduttori di protezione, delle masse estranee (ad esempio: le delle tubazioni metalliche entranti nel fabbricato) tramite collegamenti equipotenziali principali e supplementari.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 6.7.1 Sistema di distribuzione TN

La protezione contro i contatti indiretti, in un sistema TN, deve essere garantita mediante una o più delle seguenti misure:

- Tempestivo intervento delle protezioni di massima corrente degli interruttori preposti alla protezione delle linee e, laddove ciò non risultasse possibile, tramite protezioni di tipo differenziale
- Utilizzo di componenti di classe II
- Realizzazione di separazione elettrica con l'uso di trasformatore di isolamento

Nel primo caso, affinché sia verificata la protezione contro i contatti indiretti, è necessario che in ogni punto dell'impianto sia rispettata la condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_g}$$

dove:

- $U_0$  è la tensione di fase (stellata)
- $Z_g$  è l'impedenza dell'anello di guasto
- $I_a$  è la corrente di intervento entro i tempi previsti dalla Norma

I tempi di intervento (dipendenti dalla tensione nominale), sono indicati nella tabella seguente (rif. CEI 64-8/4 tab.41A):

$U_0$ [V]	Tempi di interruzione [s]
120	0.8
230	0.4
400	0.2
>400	0.1

I dati in tabella sono validi per circuiti terminali protetti da dispositivi con corrente nominale non superiore a 32 A.

Tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5 s sono ammessi negli altri casi.

Se il dispositivo di protezione è equipaggiato con una protezione differenziale, la corrente utilizzata per la verifica è la soglia di intervento nominale del dispositivo differenziale.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6.8 Calcoli dimensionali linee BT

I calcoli e le verifiche delle linee BT sono stati condotti con software dedicato AMPERE PROFESSIONAL® (versione 2009 - 7.3.5.), che tiene conto dei vincoli e dei procedimenti sopra indicati.

Il software si caratterizza per le seguenti funzioni principali:

- simulazione e dimensionamento reti BT
- dimensionamento cavi BT secondo norme CEI 64-8
- dimensionamento condotti sbarre
- determinazione della potenza dissipata dalle reti
- equilibratura dei carichi monofase
- verifica linee e protezioni
- tarature e coordinamento delle protezioni
- verifica termica dei quadri elettrici

I report di calcolo delle linee BT sono riportati nell'Allegato 1

## 7 Dimensionamento rete MT

### 7.1 Protezione da sovraccarico

Per il calcolo della sezione dei conduttori delle linee si utilizzerà il seguente procedimento:

- determinazione della corrente di impiego  $I_b$  dei circuiti a partire dalle potenze assorbite da ciascuna utenza e tenendo conto dei relativi fattori di utilizzo e di contemporaneità.
- scelta della sezione del cavo in maniera tale che risulti:
 
$$I_b \leq I_z$$
 dove:
  - $I_b$  = corrente di impiego della linea;
  - $I_z$  = portata della conduttura.
- determinazione della corrente di taratura della soglia di sovraccarico della protezione di massima corrente di media tensione a protezione della linea in cavo, inferiore alla  $I_z$ ;

Nella determinazione della portata  $I_z$  dei cavi in regime permanente si considerano gli opportuni coefficienti di riduzione relativi al cambiamento delle condizioni di riferimento nella posa,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

utilizzando la seguente espressione:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

dove con  $I_0$  si indica la portata di conduttori unipolari interrati direttamente.

$k_1$  = coefficiente che tiene conto della temperatura ambientale per posa interrata;

$k_2$  = coefficiente che tiene conto della profondità di posa;

$k_3$  = coefficiente che tiene conto delle condizioni di posa (più cavi o tubi affiancati).

La portata viene calcolata in base alla norma IEC 60287 per le seguenti condizioni:

- temperatura del terreno: 20°C -  $K_1=1$ ;
- profondità di posa: >0,60 m (resistività termica del terreno: 1 K\*m/W) -  $K_2= 1$ ;
- una sola terna di cavi entro tubo interrato -  $K_3 = 0,82$ .

## 7.2 Verifica della caduta di tensione

La verifica della caduta di tensione viene basata su un calcolo di load flow. Tale verifica consente di:

- valutare se la caduta di tensione eccede il limite fissato tra i dati di partenza in condizioni normali ed in condizioni di emergenza.

## 7.3 Tenuta termica al corto circuito massimo

Sulla base di un calcolo della corrente di corto circuito trifase massima (eseguito secondo la IEC 60909-2001) si determinano:

- la corrente massima di corto circuito che interessa il tratto di cavo;
- l'energia massima  $K^2S^2$  tollerabile dal cavo, determinando il tempo massimo "tmax" entro il quale la protezione deve intervenire per non superarla in corrispondenza alla massima corrente di corto circuito sopra calcolata.

dove:

- $K$  = coefficiente di dispersione del calore, dipendente dal tipo di cavo (per cavi in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato, vale 143)
- $S$  = sezione del conduttore in mm<sup>2</sup>
- $I$  = corrente massima di guasto in A

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- t = durata del guasto in s

## 7.4 Analisi e verifiche della rete MT

L'analisi e le verifiche della rete MT sono stati condotti con software dedicato NEPLAN® (versione. 5.4.3). Con tale software sono possibili i seguenti studi:

- load-flow su reti simmetriche ed asimmetriche
- load-flow con profili di carico
- correnti di corto circuito (secondo IEC 60909)
- armoniche
- selettività e coordinamento delle protezioni di massima corrente
- coordinamento protezioni distanziometriche
- verifica portata cavi
- verifica TA
- affidabilità delle reti
- stabilità transitoria
- transitori elettromagnetici
- ottimizzazione posizione batterie di rifasamento su reti MT

I report di calcolo e verifica delle reti MT sono riportati nell'Allegato 2.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8 Dimensionamento impianti di ventilazione e climatizzazione locali tecnici

La stima del fabbisogno di potenza per il raffreddamento estivo e il riscaldamento invernale dei locali tecnici è stata effettuata in funzione delle temperature limiti ammissibili all'interno dei locali stessi, considerando la tipologia dell'involucro edilizio, le condizioni esterne estive ed invernali, gli apporti di potenza da parte di apparecchiature ed ausiliari contenuti, l'eventuale presenza di persone ed altri dati desunti dalla letteratura esistente in materia.

Quando risulti necessario raffreddare l'ambiente, la potenza sarà smaltita tramite ventilazione naturale e/o meccanica (qualora la temperatura ambiente possa superare di qualche grado la temperatura esterna massima) ovvero sarà smaltita tramite condizionatore (nel caso la temperatura ambiente debba essere mantenuta più bassa).

Quando risulti necessario riscaldare l'ambiente, la potenza sarà invece erogata da una pompa di calore o termoconvettore elettrico.

I calcoli effettuati per il dimensionamento dei ventilatori e delle macchine di condizionamento dei locali tecnici sono riassunti nell'allegato 3, organizzato con schede suddivise per locale, di cui si fornisce una breve spiegazione.

Nella prima parte di ciascuna scheda, "Dati iniziali", sono indicati i parametri termo-igrometrici di riferimento utilizzati per il calcolo (parametri esterni della località di installazione e parametri interni che si vogliono garantire), nonché le caratteristiche geometriche del locale.

Nella parte successiva, viene riportato il calcolo della potenza termica massima da smaltire nel periodo estivo (agli apporti interni dovuti alle perdite per effetto joule delle apparecchiature elettriche e/o elettroniche installate, si sommano gli eventuali apporti estivi delle strutture).

In modo analogo viene calcolata la potenza termica massima da garantire nel periodo invernale affinché la temperatura dell'ambiente non scenda sotto il valore prefissato (in questo caso, gli apporti interni devono essere sottratti alla potenza termica richiesta).

Infine, si riporta il calcolo della portata di ventilazione necessaria per garantire le prestazioni sopra indicate e i dati del relativo impianto ovvero le caratteristiche del sistema di condizionamento / riscaldamento.

### 8.1 Ventilazione e caratteristiche del locale batterie

Nei locali in cui sono presenti delle batterie sussiste il pericolo di esplosione dovuto all'emissione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

nell'ambiente di idrogeno, che si sprigiona a seguito dell'elettrolisi dell'acqua.

Vanno pertanto previste opportune aperture per la ventilazione, in modo da diluirne la concentrazione nei locali stessi.

Di seguito si descrivono le verifiche in accordo alla Norma EN 50272, in relazione a:

- portata d'aria di ventilazione necessaria in un locale
- superficie delle aperture di ventilazione che garantiscono la portata d'aria necessaria

La portata d'aria  $Q$  necessaria per questo scopo può essere calcolata con la seguente formula:

$$Q = 0.05 \cdot n \cdot I_{gas} \cdot C_{rt} / 1000 \quad [m^3 / h]$$

dove:

- 0.05 = coefficiente che tiene conto dell'usuale quantità di idrogeno prodotta nel processo di elettrolisi (0.42 l/h per ogni Ah), la necessaria percentuale di diluizione (<30%) e un coefficiente di sicurezza pari a 5;
- $n$  = numero di elementi;
- $I_{gas}$  = corrente che produce gas [mA/Ah];
- $C_{rt}$  = capacità nominale della batteria [Ah].

L'area necessaria per le aperture di ventilazione è quindi:

$$S = \frac{Q}{v} \quad [m^2]$$

dove:

- $Q$  = flusso d'aria [m3/s]
- $v$  = velocità dell'aria per ventilazione naturale [m/s] = 0.1 m/s

Nelle immediate vicinanze di una batteria in carica, la norma EN 50272 prevede l'esistenza di una zona pericolosa che deve essere classificata secondo quanto previsto dalla Norma EN 60079-10, come zona 1.

Si definisce la distanza  $d$ , variabile con le caratteristiche delle batterie e rappresentativa di un'area attorno alle sorgenti presenti, che è calcolata con la formula seguente:

$$d = 28.8 \cdot \sqrt[3]{I_{gas}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \quad [m]$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0882_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

per batterie monoblocco con N celle per monoblocco, la distanza va moltiplicata per il coefficiente  $\sqrt[3]{N}$

## 9 Allegati

Gli allegati sono organizzati nei seguenti documenti:

- Allegato 1: Calcoli linee BT
- Allegato 2: Dimensionamento rete di media tensione (MT)
- Allegato 3: Dimensionamento ventilazione e condizionamento locali tecnici

**ALLEGATO 1**  
**CALCOLI LINEE BT**

Nel presente documento, per l'opera in oggetto, sono riportati i risultati di calcolo relativi al seguente quadro elettrico di bassa tensione:

- Q\_BT

Per le diverse utenze derivate dai suddetti quadri elettrici, sono riportati i seguenti dati:

- caratteristiche elettriche dell'utenza (P, I, V,  $\cos \varphi$ , etc.);
- caratteristiche delle condutture elettriche di alimentazione.

Inoltre, per ogni utenza, sono riportati i risultati delle principali verifiche elettriche (cadute di tensione, sovraccarico, corto circuito, coordinamento con dispositivi di protezione, etc.).



Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos φ	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
--------------	---------	-------	---------	---------	-----------	-------------	-------	--------	---------	------------	--------	--------	--------

**+CABINA.Q\_BT**

IG1	86,219	1	86,219	1	41,075	n.d.	0,903	400	TN-S	3	141,6	146,3	1039,8
IG2	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	150	1039,8
BT1	0	1	0	1	-10	n.d.	0	400	TN-S	3	14,4	63	70,2
BT2	8,022	1	8,022	1	4,37	n.d.	0,878	400	TN-S	3	17,5	146,3	133,2
BT3	39,391	1	39,391	1	27,91	n.d.	0,816	400	TN-S	3	70,1	125	161,4
BT4	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	125	133,2
BT5	38,806	1	38,806	1	18,794	n.d.	0,9	400	TN-S	3	62,9	142	n.d.
BT2/1	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
BT2/2	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
BT2/3	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
BT2/4	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
BT2/5	0,071	1	0,071	1	0,021	n.d.	0,96	231	TN-S	2 (L1-N)	0,3	1	18
BT2/6	0,1	1	0,1	1	0,029	n.d.	0,96	231	TN-S	2 (L1-N)	0,5	1,6	18
BT2/7	0,1	1	0,1	1	0,029	n.d.	0,96	231	TN-S	2 (L2-N)	0,5	1,6	18
BT2/8	3,2	1	3,2	1	1,55	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	15,4	32	41,4
BT2/9	3,2	1	3,2	1	1,55	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	15,4	32	41,4
BT2/10	2,9	1	2,9	1	1,405	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	13,9	25	30,6
BT2/11	2,9	1	2,9	1	1,405	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	13,9	25	30,6
BT2/12	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	10	41
BT2/13	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	16	15,6
BT2/14	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	16	15,6
BT2/15	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0	16	15,6
BT2/16	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	16	15,6
BT5/11	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	10	30,7
BT5/12	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	10	30,7
BT5/13	0,2	1	0,2	1	0,097	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	1	6	30,7

**+CABINA.Q\_BT\_SEZ\_CA**

IGCA	38,603	1	38,603	1	27,529	n.d.	0,814	400	TN-S	3	68,9	95,3	123,2
IGCA_LT	3,872	1	3,872	1	3,074	n.d.	0,783	400	TN-S	3	7,4	66	18,2

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
IGCA_EX	34,731	1	34,731	1	24,455	n.d.	0,818	400	TN-S	3	61,6	95,3	18,2
SAC_LT1	0,09	1	0,09	1	0,044	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	0,4	6	15,6
SAC_LT2	0,09	1	0,09	1	0,044	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0,4	6	15,6
SAC_LT3	0,09	1	0,09	1	0,044	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0,4	6	15,6
SAC_LT4	0,09	1	0,09	1	0,044	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0,4	6	15,6
SAC_LT5	0,5	1	0,5	1	0,242	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	2,4	16	20,8
SAC_LT6	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	2,7	16	20,8
SAC_LT7	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	2,7	6	15,6
SAC_LT8	0,216	1	0,216	1	0,187	n.d.	0,757	231	TN-S	2 (L2-N)	1,2	6	19,2
SAC_LT9	0,167	1	0,167	1	0,195	n.d.	0,65	231	TN-S	2 (L2-N)	1,1	6	n.d.
SAC_LT10	0,12	1	0,12	1	0,058	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	0,6	6	24
SAC_LT11	1,5	1	1,5	1	1,53	n.d.	0,7	231	TN-S	2 (L2-N)	9,3	16	20,8
SAC_LT12	1,5	1	1,5	1	1,53	n.d.	0,7	231	TN-S	2 (L3-N)	9,3	16	20,8
SAC_LT13	0,26	1	0,26	1	0,126	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	1,3	6	20,2
SAC_LT14	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	16	19,2
SAC_LT15	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0	6	19,2
SAC_LT16	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	0	6	19,2
SAC_LT17	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	19,2
SAC_EX1	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX2	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX3	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,6	6	37,6
SAC_EX4	0,09	1	0,09	1	0,068	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,2	6	18,2
SAC_EX5	8,198	1	8,198	1	6,148	n.d.	0,8	400	TN-S	3	15,2	20	104,7
SAC_EX6	8,198	1	8,198	1	6,149	n.d.	0,8	400	TN-S	3	15,2	20	104,7
SAC_EX7	8,198	1	8,198	1	6,148	n.d.	0,8	400	TN-S	3	15,2	20	68,9
SAC_EX8	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	1,6	6	27,9
SAC_EX9	0,55	1	0,55	1	0,413	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	3	6	22,2
SAC_EX10	0,2	1	0,2	1	0,15	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	1,1	6	22,2
SAC_EX11	0,2	1	0,2	1	0,15	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,1	6	22,2
SAC_EX12	0,2	1	0,2	1	0,15	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	1,1	6	22,2

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
SAC_EX13	0,4	1	0,4	1	0,3	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	2,2	6	27,9
SAC_EX14	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	2,7	6	27,9
SAC_EX15	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	2,7	6	37,6
SAC_EX16	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX17	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	4,8	20	101,3
SAC_EX18	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	4,8	20	101,3
SAC_EX19	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	4,8	20	67,2
SAC_EX20	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	4,8	20	37,6
SAC_EX21	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	4,8	20	48,9
SAC_EX22	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	4,8	20	37,6
SAC_EX23	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	22,2
SAC_EX24	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	22,2
TR_24	0,216	1	0,216	1	0,187	n.d.	0,757	231	TN-S	2 (L2-N)	1,2	1,9	19,2
RAD	0,167	1	0,167	1	0,195	n.d.	0,65	231	TN-S	2 (L2-N)	1,1	11	n.d.
SAC_EX4/1	0,03	1	0,03	1	0,022	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,1	6	19,2
SAC_EX4/2	0,03	1	0,03	1	0,022	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,1	6	19,2
SAC_EX4/3	0,03	1	0,03	1	0,022	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,1	6	19,2
SAC_EX9/1	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,6	6	23,4
SAC_EX9/2	0,25	1	0,25	1	0,188	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,4	6	23,4
SAC_EX10/1	0,15	1	0,15	1	0,113	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	0,8	6	23,4
SAC_EX10/2	0,05	1	0,05	1	0,037	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	0,3	6	23,4
AUX_AC	0,2	1	0,2	1	0,097	n.d.	0,9	24	TN-S	2 (L2-N)	9,3	17,7	19,2
AUX_DC	0,15	1	0,15	1				24	TN-S	2	6,3	11	35,9

#### Legenda

Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.

Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.

Qn: potenza rettiva dei carichi a valle dell'utenza

Qrif: potenza rettiva nominale di rifasamento locale di un'utenza terminale

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
--------------	------------	--------------	-------	------	----	------	---	---	--------	---------	--	-------	--------

**+CABINA.Q\_BT**

BT1	3x(1x25)+1G16	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	10	5	30	0,6	70	0	1,278E+07	0,16	0,41
BT3	3x(1x95)+1x50+1G50	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	10	5	30	0,6	161	105	1,846E+08	0,26	0,52
BT4	3x(1x95)+1x50+1G50	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	10	5	30	0,6	161	105	1,002E+08	0	0
BT2/1	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,21	1,02
BT2/2	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	15	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,2	0,86
BT2/3	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	10	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,2	0,7
BT2/4	5G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,21	1,02
BT2/5	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	25	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,25	0,57
BT2/6	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,26	0,62
BT2/7	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,26	0,62
BT2/8	3G10	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	10	5	30	0,6	41	41	2,045E+06	0,47	0,96
BT2/9	3G10	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	10	5	30	0,6	41	41	2,045E+06	0,47	0,96
BT2/10	3G6	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	30	0,6	31	31	7,362E+05	1,03	1,87
BT2/11	3G6	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	30	0,6	31	31	7,362E+05	1,03	1,87

**+CABINA.Q\_BT\_SEZ\_CA**

SAC_LT1	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	25	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	0,41	1,69
SAC_LT2	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	0,39	1,48
SAC_LT3	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	10	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	0,36	1,05
SAC_LT4	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	0,39	1,48
SAC_LT5	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,54	2,05
SAC_LT6	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	5	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,39	0,94
SAC_LT7	3G2.5	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	5	8	30	0,52	16	16	1,278E+05	0,41	0,81
SAC_LT10	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,38	1,16
SAC_LT11	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,97	1,75
SAC_LT12	3G4	FG7OM1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	0,98	1,75
SAC_LT13	3G2.5	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAWE	20	5	15	0,67	20	20	1,278E+05	0,51	1,48
SAC_EX1	3G4	FG7OR 0.6/1 KV	EPR	RAWE	415	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	2,99	10,68
SAC_EX2	3G4	FG7OR 0.6/1 KV	EPR	RAWE	350	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	2,58	9,08
SAC_EX3	3G10	FG7OR 0.6/1 KV	EPR	RAWE	890	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	2,65	9,35

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
SAC_EX4	5G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	0,34	0,86
SAC_EX5	3x(1x70)+1x35+1G35	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAIME	1505	8	30	0,57	105	69	1,002E+08	3,88	5,11
SAC_EX6	3x(1x70)+1x35+1G35	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAIME	1155	8	30	0,57	105	69	1,002E+08	3,05	4,06
SAC_EX7	3x(1x35)+1x16+1G16	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAIME	790	8	30	0,57	69	44	2,505E+07	3,75	4,85
SAC_EX8	3G6	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	740	8	30	0,57	28	28	7,362E+05	3,51	12,64
SAC_EX10	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	180	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	1,1	4,95
SAC_EX11	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	740	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	3,5	18,73
SAC_EX12	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	800	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	3,75	20,23
SAC_EX13	3G6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	800	8	30	0,57	28	28	7,362E+05	3,33	13,63
SAC_EX14	3G6	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	435	8	30	0,57	28	28	7,362E+05	3,44	7,64
SAC_EX15	3G10	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	740	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	3,54	7,86
SAC_EX16	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	50	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	0,65	1,82
SAC_EX17	2x(1x50)+1G25	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAIME	1520	8	30	0,57	101	101	5,112E+07	3,3	13,01
SAC_EX18	2x(1x50)+1G25	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAIME	1295	8	30	0,57	101	101	5,112E+07	2,86	11,17
SAC_EX19	2x(1x25)+1G16	FG7R 0.6/1 kV	EPR	RAIME	595	8	30	0,57	67	67	1,278E+07	2,42	9,36
SAC_EX20	3G10	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	265	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	2,62	10,21
SAC_EX21	3G16	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	400	8	30	0,57	49	49	5,235E+06	2,53	9,82
SAC_EX22	3G10	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	265	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	2,62	10,21
SAC_EX4/1	5G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	350	8	20	0,6	19	19	3,272E+05	0,38	5,1
SAC_EX4/2	5G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	415	8	20	0,6	19	19	3,272E+05	0,38	5,9
SAC_EX4/3	5G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	890	8	20	0,6	19	19	3,272E+05	0,43	11,82
SAC_EX9/1	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	585	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	1,97	14,87
SAC_EX9/2	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	800	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	2,77	20,23
SAC_EX10/1	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	255	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	1,57	11,1
SAC_EX10/2	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	200	8	20	0,6	23	23	3,272E+05	1,32	9,76

**Legenda**

Lc: lunghezza cavo [m]

Prx.: numero circuiti in prossimità

T: temperatura ambiente [°C]

Cdt %: caduta di tensione alla corrente Ib

CdtIn %: caduta di tensione alla corrente In

-[C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze

[Ci]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze (neutri separati)

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
--------------	------------	--------------	-------	------	----	------	---	---	--------	---------	--	-------	--------

Ci: utilizza il Conduttore di un'altra utenza  
 -[PE]: il PE dell'utenza è comune ad altre utenze  
 PEi: utilizza il PE di un'altra utenza



Sigla utenza	Coord. Ib<In<Iz	PdI	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> >I <sup>2</sup> t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
<b>+CABINA.Q_BT</b>					
IG1	141,6<=146,3 A (Ib < In)	25>=4 kA	Verificato	1.250<3.086 A	Verificato
IG2	0<=150 A (Ib < In)	25>=0 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
BT1	14,4<=63<=70,2 A	10>=4 kA	Verificato	630<2.877 A	Verificato
BT2	17,5<=146,3 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
BT3	70,1<=125<=161,4 A	25>=4 kA	Verificato	1.250<3.002 A	Verificato
BT4	0<=125<=133,2 A	25>=4 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
BT5	62,9<=142 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
BT2/1	0,9<=16<=21 A	10>=4 kA	Verificato	160<834 A	Verificato
BT2/2	0,9<=16<=21 A	10>=4 kA	Verificato	160<1.065 A	Verificato
BT2/3	0,9<=16<=21 A	10>=4 kA	Verificato	160<1.456 A	Verificato
BT2/4	0,9<=16<=21 A	10>=4 kA	Verificato	160<834 A	Verificato
BT2/5	0,3<=1<=18 A	100>=4 kA	Verificato	10<444 A	Verificato
BT2/6	0,5<=1,6<=18 A	100>=4 kA	Verificato	16<547 A	Verificato
BT2/7	0,5<=1,6<=18 A	100>=4 kA	Verificato	16<547 A	Verificato
BT2/8	15,4<=32<=41,4 A	20>=4 kA	Verificato	320<2.435 A	Verificato
BT2/9	15,4<=32<=41,4 A	20>=4 kA	Verificato	320<2.435 A	Verificato
BT2/10	13,9<=25<=30,6 A	20>=4 kA	Verificato	250<1.171 A	Verificato
BT2/11	13,9<=25<=30,6 A	20>=4 kA	Verificato	250<1.171 A	Verificato
BT2/12	0<=10 A (Ib < In)	100>=4 kA	Verificato	100<3.086 A	Verificato
BT2/13	0<=16 A (Ib < In)	10>=4 kA	Verificato	160<3.086 A	Verificato
BT2/14	0<=16 A (Ib < In)	10>=4 kA	Verificato	160<3.086 A	Verificato
BT2/15	0<=16 A (Ib < In)	20>=4 kA	Verificato	160<3.577 A	Verificato
BT2/16	0<=16 A (Ib < In)	10>=4 kA	Verificato	160<3.086 A	Verificato
BT5/11	0<=10 A (Ib < In)	10>=3,97 kA	Verificato	50<3.086 A	Verificato
BT5/12	0<=10 A (Ib < In)	10>=3,97 kA	Verificato	50<3.086 A	Verificato
BT5/13	1<=6 A (Ib < In)	20>=3,97 kA	Verificato	30<3.577 A	Verificato
<b>+CABINA.Q_BT_SEZ_CA</b>					
IGCA	68,9<=95,3 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
IGCA_LT	7,4<=66 A (Ib < In)		Verificato		Verificato

Sigla utenza	Coord. Ib<In<Iz	PdI	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> >I <sup>2</sup> t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
IGCA_EX	61,6<=95,3 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
SAC_LT1	0,4<=6<=15,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<431 A	Verificato
SAC_LT2	0,4<=6<=15,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<528 A	Verificato
SAC_LT3	0,4<=6<=15,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<946 A	Verificato
SAC_LT4	0,4<=6<=15,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<528 A	Verificato
SAC_LT5	2,4<=16<=20,8 A	20>=3,65 kA	Verificato	80<790 A	Verificato
SAC_LT6	2,7<=16<=20,8 A	20>=3,65 kA	Verificato	80<1.944 A	Verificato
SAC_LT7	2,7<=6<=15,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<1.528 A	Verificato
SAC_LT8	1,2<=6 A (Ib < In)	20>=3,53 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_LT9	1,1<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_LT10	0,6<=6<=24 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<790 A	Verificato
SAC_LT11	9,3<=16<=20,8 A	20>=3,65 kA	Verificato	80<790 A	Verificato
SAC_LT12	9,3<=16<=20,8 A	20>=3,65 kA	Verificato	80<790 A	Verificato
SAC_LT13	1,3<=6<=20,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<528 A	Verificato
SAC_LT14	0<=16 A (Ib < In)	10>=3,75 kA	Verificato	80<2.919 A	Verificato
SAC_LT15	0<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_LT16	0<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_LT17	0<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_EX1	1,6<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_EX2	1,6<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_EX3	1,6<=6<=37,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_EX4	0,2<=6<=18,2 A	50>=3,75 kA	Verificato	30<789 A	Verificato
SAC_EX5	15,2<=20<=104,7 A	10>=3,75 kA	Verificato	100<140 A	Verificato
SAC_EX6	15,2<=20<=104,7 A	10>=3,75 kA	Verificato	100<180 A	Verificato
SAC_EX7	15,2<=20<=68,9 A	10>=3,75 kA	Verificato	100<128 A	Verificato
SAC_EX8	1,6<=6<=27,9 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<38 A	Verificato
SAC_EX9	3<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_EX10	1,1<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<102 A	Verificato
SAC_EX11	1,1<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_EX12	1,1<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato



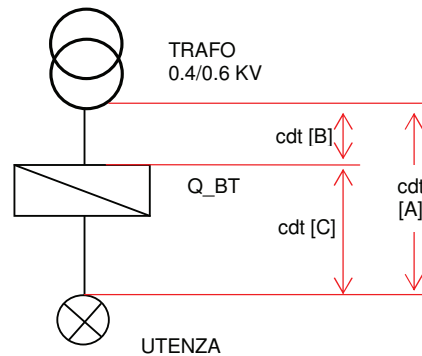
Sigla utenza	Coord. Ib < In < Iz	PdI	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> >I <sup>2</sup> t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
SAC_EX13	2,2<=6<=27,9 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<35 A	Verificato
SAC_EX14	2,7<=6<=27,9 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<64 A	Verificato
SAC_EX15	2,7<=6<=37,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<63 A	Verificato
SAC_EX16	1,6<=6<=22,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	30<351 A	Verificato
SAC_EX17	4,8<=20<=101,3 A	20>=3,65 kA	Verificato	100<100 A	Verificato
SAC_EX18	4,8<=20<=101,3 A	20>=3,65 kA	Verificato	100<117 A	Verificato
SAC_EX19	4,8<=20<=67,2 A	20>=3,65 kA	Verificato	100<151 A	Verificato
SAC_EX20	4,8<=20<=37,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	100<171 A	Verificato
SAC_EX21	4,8<=20<=48,9 A	20>=3,65 kA	Verificato	100<180 A	Verificato
SAC_EX22	4,8<=20<=37,6 A	20>=3,65 kA	Verificato	100<171 A	Verificato
SAC_EX23	0<=6 A (Ib < In)	20>=3,65 kA	Verificato	30<3.108 A	Verificato
SAC_EX24	0<=6 A (Ib < In)	10>=3,75 kA	Verificato	30<2.919 A	Verificato
TR_24	1,2<=1,9 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
RAD	1,1<=11 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
SAC_EX4/1	0,1<=6<=19,2 A		Verificato		Verificato
SAC_EX4/2	0,1<=6<=19,2 A		Verificato		Verificato
SAC_EX4/3	0,1<=6<=19,2 A		Verificato		Verificato
SAC_EX9/1	1,6<=6<=23,4 A		Verificato		Verificato
SAC_EX9/2	1,4<=6<=23,4 A		Verificato		Verificato
SAC_EX10/1	0,8<=6<=23,4 A		Verificato		Verificato
SAC_EX10/2	0,3<=6<=23,4 A		Verificato		Verificato
AUX_AC	9,3<=17,7 A (Ib < In)	120>=1,2 kA	Verificato		Verificato
AUX_DC	6,3<=11 A (Ib < In)	25>=0,11 kA	Verificato		Verificato

**Legenda**

- PdI: potere di interruzione o di corto circuito della protezione
- I magmax: corrente magnetica massima pari alla corrente di guasto minima
- K<sup>2</sup>S<sup>2</sup>>I<sup>2</sup>t: verifica a cortocircuito della linea

Per quanto attiene il calcolo delle cadute di tensione (c.d.t.), al fine di agevolare la lettura dei dati riportati nelle tabelle di calcolo allegate, viene riportata la seguente nota di chiarimento.

Le partenze dedicate ai circuiti di alimentazione dell'illuminazione esterna dell'Area di sosta Zagarella risultano direttamente alimentate dal quadro Q\_BT della cabina elettrica MT/BT dello svincolo che è caratterizzato da una tensione nominale pari a 400V (vedi schema seguente).



L'origine dell'impianto, caratterizzato da tale livello di tensione nominale, coincide pertanto con i morsetti secondari del trasformatore MT/BT.

Ai sensi della Norma CEI 64-8/5 art. 525, si assume, per la caduta di tensione massima ammessa nella sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [A], un valore pari al 4%.

Per quanto attiene alla sezione di impianto compresa fra la sezione di ingresso del quadro Q\_BT e l'utenza terminale alimentata (indicata con la lettera [C] nello schema), la caduta di tensione massima ammessa risulta definita dalla differenza fra la c.d.t. globale massima ammessa [H=4%] e la c.d.t. dell'impianto a monte del Q\_BT [relativa alla sezione [B] dell'impianto che, nel caso specifico, vale 0,18%]. Ne deriva una c.d.t. ammessa per la sezione [C] dell'impianto pari a 3,82% (=4 - 0,18)

Si precisa inoltre che nelle schede di calcolo allegate e relative alle linee di illuminazione ( C1-C10) con la dicitura "DV max (%)" si intende la c.d.t. relativa alla sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [C] ovvero la c.d.t. tra la sezione di ingresso del quadro Q\_BT e l'utenza terminale alimentata dal Q\_BT stesso che, come sopra precisato, dovrà essere inferiore al 3,82%.

Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

**Quadro illuminazione esterna area di sosta Zagarella - Circuito C 1-2**

**DATI DI INGRESSO**

Tensione nominale FN (V)	230
Sfasamento F1 - F2 (deg)	120
Sfasamento F1 - F3 (deg)	240
Fattore di potenza utenze	0,9
Tipo di isolante dei cavi (*)	G7
Icc FFF inizio linea (A)	4000
Fattore di potenza in cortocircuito	0,7
Fattore di riduzione tensione	0,95
Temperatura limite isolamento cavi (°C)	90
Resistività cavi (Ω*m)	0,023

**RISULTATI**

IF1 inizio linea (A)	5,49
IF2 inizio linea (A)	5,49
IF3 inizio linea (A)	5,49
IN inizio linea (A)	0,00
I max inizio linea (A)	5,49
Icc FFF fine linea (A)	134
Icc FF fine linea (A)	116
Icc FN fine linea (A)	68
DV max (%)	1,99
In sganciatore (A)	10
Caratteristica sganciatore	MATH - B

**VERIFICHE E COMMENTI**

	SI	Intervento entro 5s (CEI 64-8)
	SI	Entro limiti CEI 64-8 (4%)
	SI	Energia passante < ammissibile
	SI	I inserzione < I interruttore

**DATI LAMPADE**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo (**)		LED	LED	LED	LED	A	A	A	A	A
Numero Led/Potenza nominale (W)		60	100	125	150	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	1080	1080

**Legenda (\*)**

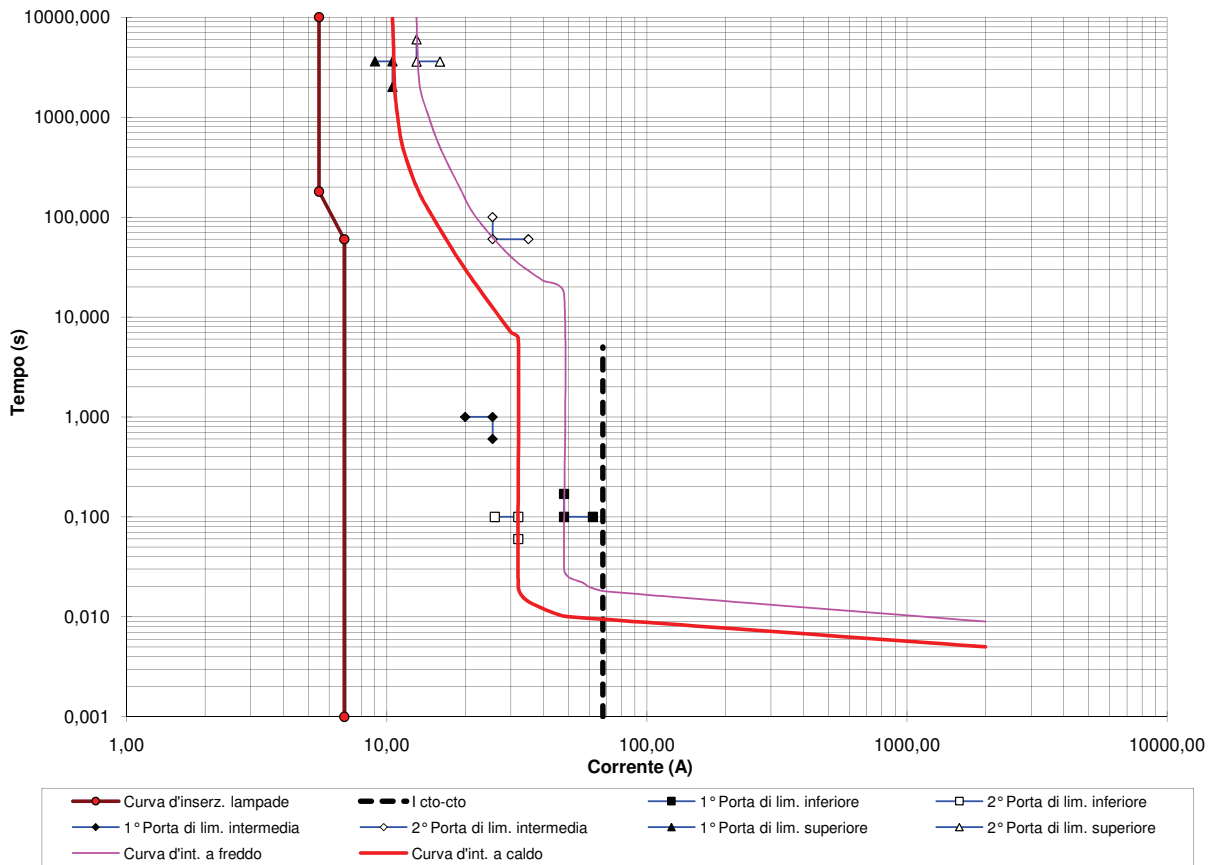
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

**Legenda (\*\*)**

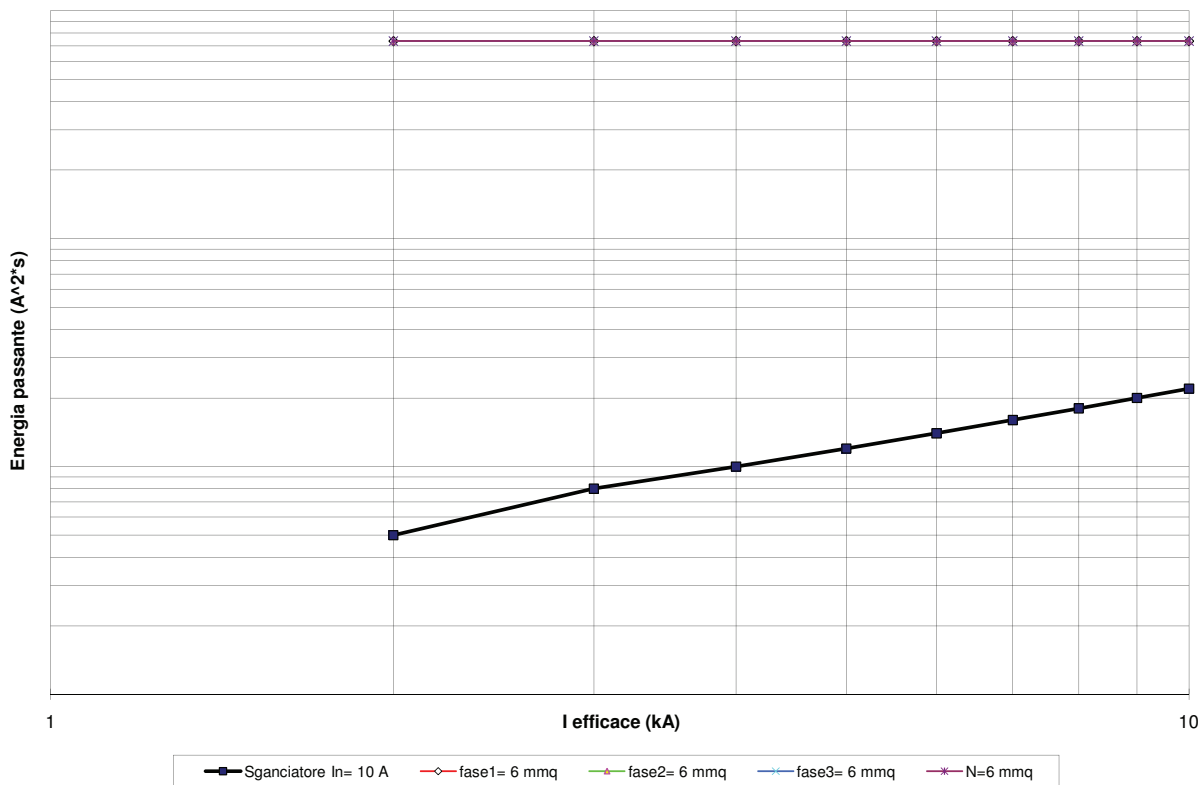
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

Progressiva	d (m)	l (m)	PF1 (W)	PF2 (W)	PF3 (W)	sF1 (mmq)	sF2 (mmq)	sF3 (mmq)	sN (mmq)	DVF1 (%)	DVF2 (%)	DVF3 (%)
QE	0	15	1136	1136	1136	6	6	6	6	0,00	0,00	0,00
1	2	17	568	568	284	6	6	6	6	0,02	0,02	0,02
2	15	32				6	6	6	6	0,08	0,05	0,14
3	21	53			284	6	6	6	6	0,16	0,10	0,32
4	12	65				6	6	6	6	0,21	0,15	0,37
5	14	79				6	6	6	6	0,27	0,21	0,43
6	37	116				6	6	6	6	0,42	0,36	0,58
7	14	130				6	6	6	6	0,48	0,42	0,64
8	38	168	284			6	6	6	6	0,64	0,58	0,80
9	28	196				6	6	6	6	0,64	0,71	0,97
10	26	222		284		6	6	6	6	0,64	0,82	1,13
11	26	248				6	6	6	6	0,69	0,83	1,29
12	26	274			284	6	6	6	6	0,74	0,83	1,45
13	26	300				6	6	6	6	0,79	0,89	1,51
14	26	326	284			6	6	6	6	0,85	0,94	1,56
15	26	352				6	6	6	6	0,79	1,00	1,66
16	26	378		284		6	6	6	6	0,74	1,06	1,77
17	26	404				6	6	6	6	0,73	1,02	1,88
18	26	430			284	6	6	6	6	0,72	0,97	1,99
19		430							0	0,00	0,00	0,00
20		430							0	0,00	0,00	0,00
21		430							0	0,00	0,00	0,00
22		430							0	0,00	0,00	0,00
23		430							0	0,00	0,00	0,00
24		430							0	0,00	0,00	0,00
25		430							0	0,00	0,00	0,00
26		430							0	0,00	0,00	0,00
27		430							0	0,00	0,00	0,00
28		430							0	0,00	0,00	0,00
29		430							0	0,00	0,00	0,00
30		430							0	0,00	0,00	0,00
31		430							0	0,00	0,00	0,00
32		430							0	0,00	0,00	0,00
33		430							0	0,00	0,00	0,00
34		430							0	0,00	0,00	0,00
35		430							0	0,00	0,00	0,00
36		430							0	0,00	0,00	0,00
37		430							0	0,00	0,00	0,00
38		430							0	0,00	0,00	0,00
39		430							0	0,00	0,00	0,00
40		430							0	0,00	0,00	0,00
41		430							0	0,00	0,00	0,00
42		430							0	0,00	0,00	0,00
43		430							0	0,00	0,00	0,00
44		430							0	0,00	0,00	0,00
45		430							0	0,00	0,00	0,00
46		430							0	0,00	0,00	0,00
47		430							0	0,00	0,00	0,00
48		430							0	0,00	0,00	0,00
49		430							0	0,00	0,00	0,00
50		430							0	0,00	0,00	0,00

### Curva d'intervento interruttore automatico



### Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore



Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

**QuaQuadro illuminazione esterna area di sosta Zagarella - Circuito C 3-4**

**DATI DI INGRESSO**

Tensione nominale FN (V)	230
Sfasamento F1 - F2 (deg)	120
Sfasamento F1 - F3 (deg)	240
Fattore di potenza utenze	0,9
Tipo di isolante dei cavi (*)	G7
Icc FFF inizio linea (A)	4000
Fattore di potenza in cortocircuito	0,7
Fattore di riduzione tensione	0,95
Temperatura limite isolamento cavi (°C)	90
Resistività cavi (Ω*m)	0,023

**RISULTATI**

IF1 inizio linea (A)	4,56
IF2 inizio linea (A)	4,56
IF3 inizio linea (A)	5,70
IN inizio linea (A)	1,14
I max inizio linea (A)	5,70
Icc FFF fine linea (A)	131
Icc FF fine linea (A)	113
Icc FN fine linea (A)	66
DV max (%)	2,62
In sganciatore (A)	10
Caratteristica sganciatore	MATH - B

**VERIFICHE E COMMENTI**

	SI	Intervento entro 5s (CEI 64-8)
	SI	Entro limiti CEI 64-8 (4%)
	SI	Energia passante < ammissibile
	SI	I inserzione < I interruttore

Numero Led/Potenza nominale (W)

**DATI LAMPADE**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo (**)		LE	LED	LED	LED	A	A	A	A	A
Numero Led/Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	1080	1080

**Legenda (\*)**

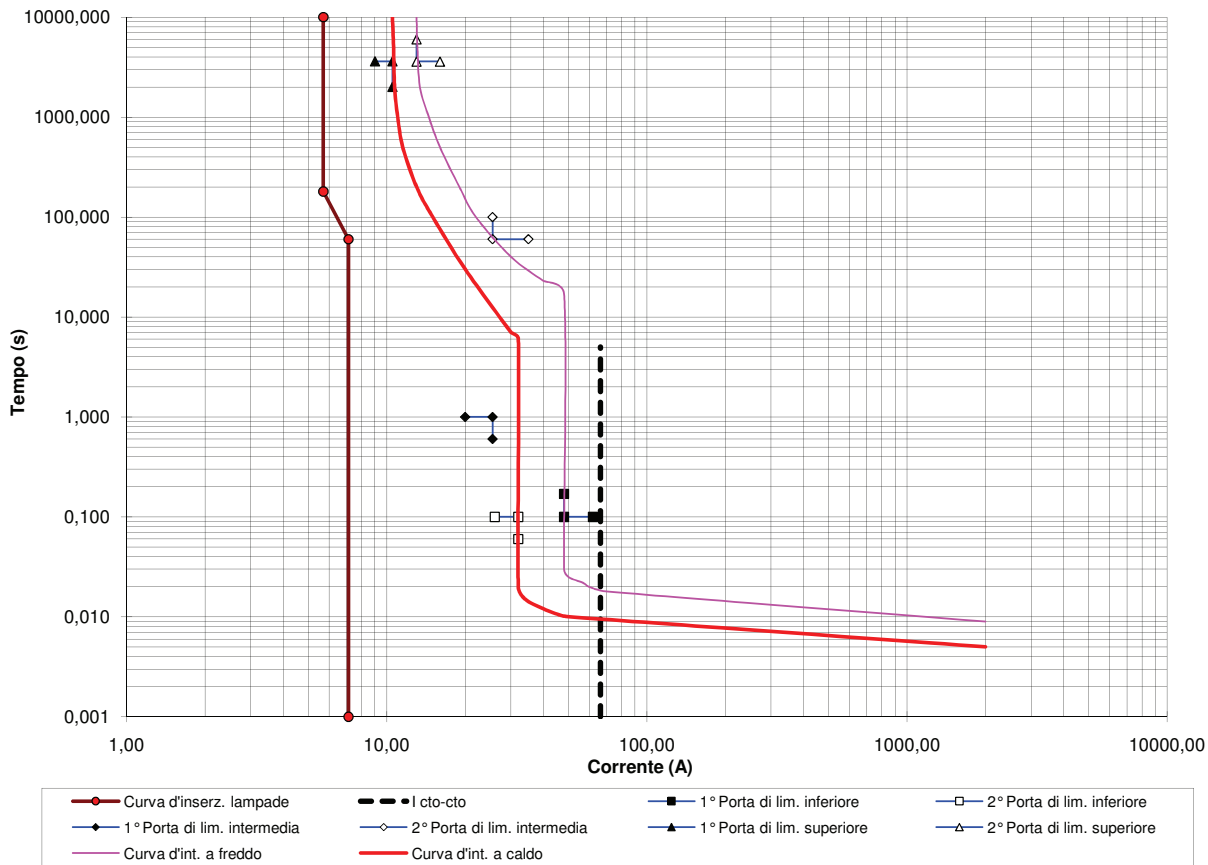
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

**Legenda (\*\*)**

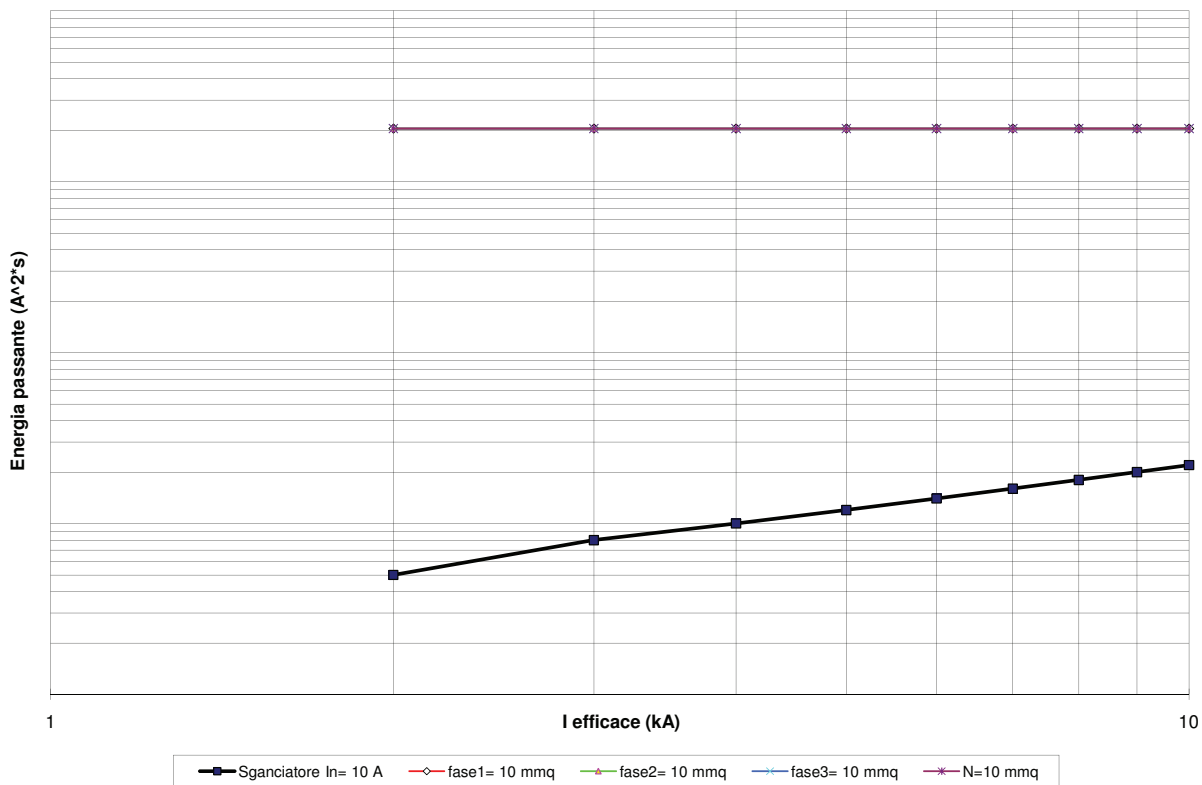
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

Progressiva	d (m)	l (m)	PF1 (W)	PF2 (W)	PF3 (W)	sF1 (mmq)	sF2 (mmq)	sF3 (mmq)	sN (mmq)	DVF1 (%)	DVF2 (%)	DVF3 (%)
QE	0	15	944	944	1180	10	10	10	10	0,00	0,00	0,00
1	2	17				10	10	10	10	0,008	0,007	0,013
2	15	32				10	10	10	10	0,069	0,056	0,107
3	21	53				10	10	10	10	0,155	0,125	0,240
4	12	65				10	10	10	10	0,20	0,17	0,32
5	14	79				10	10	10	10	0,26	0,21	0,40
6	37	116				10	10	10	10	0,41	0,33	0,64
7	13	129				10	10	10	10	0,46	0,38	0,72
8	15	144				10	10	10	10	0,53	0,43	0,82
9	9	153				10	10	10	10	0,56	0,46	0,87
10	19	172				10	10	10	10	0,64	0,52	0,99
11	11	183				10	10	10	10	0,68	0,55	1,06
12	22	205	236	236	472	10	10	10	10	0,77	0,63	1,20
13	6	211				10	10	10	10	0,79	0,65	1,22
14	30	241	236			10	10	10	10	0,89	0,74	1,31
15	30	271				10	10	10	10	0,92	0,84	1,44
16	30	301		236		10	10	10	10	0,95	0,94	1,56
17	30	331				10	10	10	10	1,01	0,98	1,69
18	30	361			236	10	10	10	10	1,07	1,01	1,81
19	30	391				10	10	10	10	1,13	1,07	1,88
20	30	421	236			10	10	10	10	1,20	1,14	1,94
21	30	451				10	10	10	10	1,20	1,20	2,03
22	30	481		236		10	10	10	10	1,20	1,27	2,12
23	30	511				10	10	10	10	1,22	1,28	2,21
24	30	541			236	10	10	10	10	1,25	1,28	2,31
25	30	571				10	10	10	10	1,28	1,31	2,34
26	30	601	236			10	10	10	10	1,31	1,34	2,37
27	30	631				10	10	10	10	1,28	1,38	2,43
28	30	661		236		10	10	10	10	1,25	1,42	2,49
29	30	691				10	10	10	10	1,25	1,39	2,55
30	30	721			236	10	10	10	10	1,24	1,36	2,62
31		721							0	0,00	0,00	0,00
32		721							0	0,00	0,00	0,00
33		721							0	0,00	0,00	0,00
34		721							0	0,00	0,00	0,00
35		721							0	0,00	0,00	0,00
36		721							0	0,00	0,00	0,00
37		721							0	0,00	0,00	0,00
38		721							0	0,00	0,00	0,00
39		721							0	0,00	0,00	0,00
40		721							0	0,00	0,00	0,00
41		721							0	0,00	0,00	0,00
42		721							0	0,00	0,00	0,00
43		721							0	0,00	0,00	0,00
44		721							0	0,00	0,00	0,00
45		721							0	0,00	0,00	0,00
46		721							0	0,00	0,00	0,00
47		721							0	0,00	0,00	0,00
48		721							0	0,00	0,00	0,00
49		721							0	0,00	0,00	0,00
50		721							0	0,00	0,00	0,00

### Curva d'intervento interruttore automatico



### Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore



Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

**QuaQuadro illuminazione esterna area di sosta Zagarella - Ciccuto C 5-6**

**DATI DI INGRESSO**

Tensione nominale FN (V)	230
Sfasamento F1 - F2 (deg)	120
Sfasamento F1 - F3 (deg)	240
Fattore di potenza utenze	0,9
Tipo di isolante dei cavi (*)	G7
Icc FFF inizio linea (A)	4000
Fattore di potenza in cortocircuito	0,7
Fattore di riduzione tensione	0,95
Temperatura limite isolamento cavi (°C)	90
Resistività cavi (Ω*m)	0,023

**RISULTATI**

IF1 inizio linea (A)	2,80
IF2 inizio linea (A)	2,80
IF3 inizio linea (A)	2,80
IN inizio linea (A)	0,00
I max inizio linea (A)	2,80
Icc FFF fine linea (A)	69
Icc FF fine linea (A)	60
Icc FN fine linea (A)	35
DV max (%)	2,63
In sganciatore (A)	6
Caratteristica sganciatore	MATH - B

**VERIFICHE E COMMENTI**

	SI	Intervento entro 5s (CEI 64-8)
	SI	Entro limiti CEI 64-8 (4%)
	SI	Energia passante < ammissibile
	SI	I inserzione < I interruttore

Numero Led/Potenza nominale (W)

**DATI LAMPADE**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo (**)		LE	LED	LED	LED	A	A	A	A	A
Numero Led/Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	1080	1080

**Legenda (\*)**

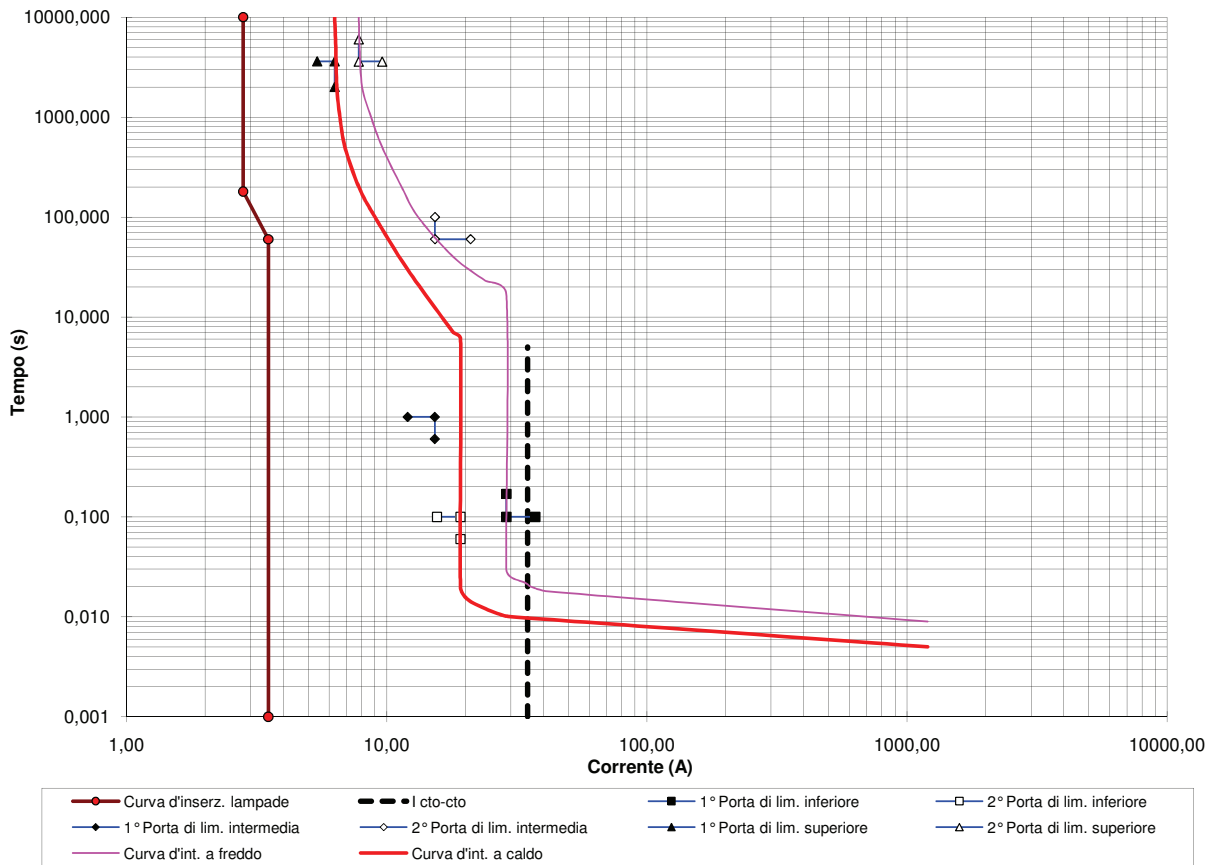
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

**Legenda (\*\*)**

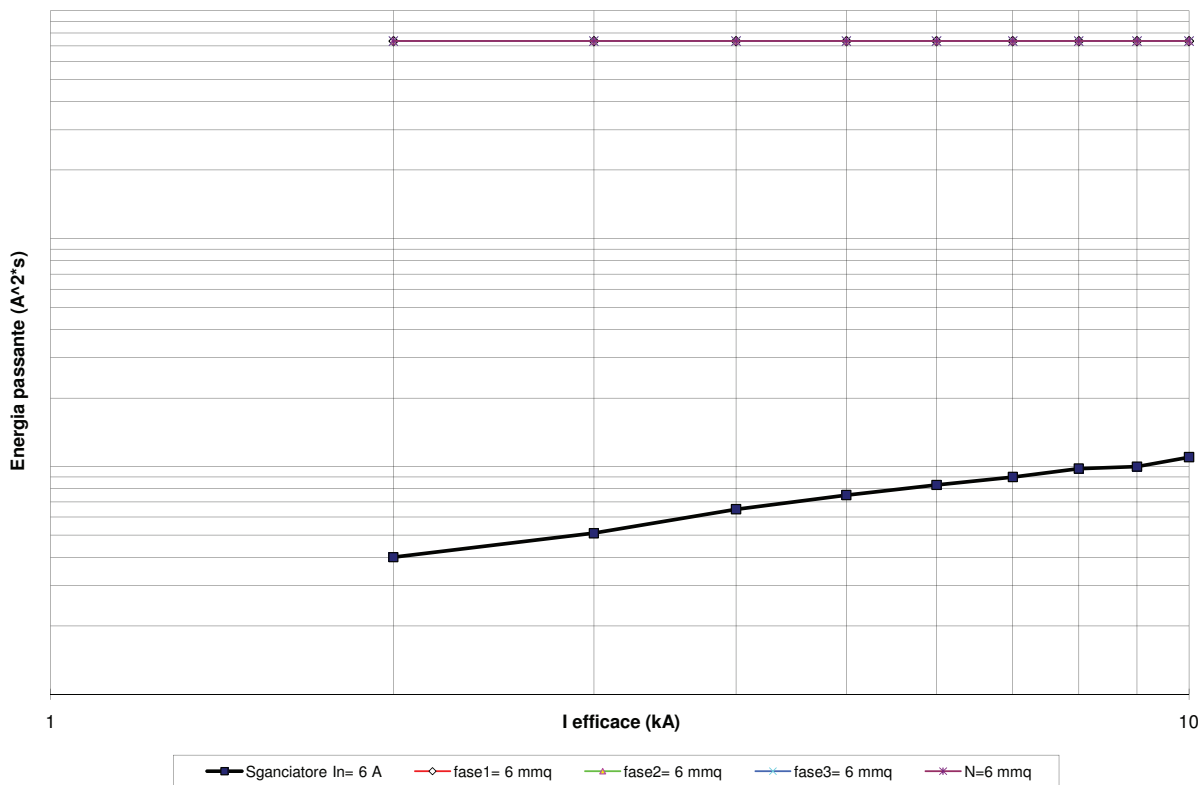
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

Progressiva	d (m)	l (m)	PF1 (W)	PF2 (W)	PF3 (W)	sF1 (mmq)	sF2 (mmq)	sF3 (mmq)	sN (mmq)	DVF1 (%)	DVF2 (%)	DVF3 (%)
QE	0	15	580	580	580	6	6	6	6	0,00	0,00	0,00
1	2	17				6	6	6	6	0,009	0,009	0,009
2	25	42				6	6	6	6	0,115	0,115	0,115
3	21	63				6	6	6	6	0,205	0,205	0,205
4	18	81				6	6	6	6	0,28	0,28	0,28
5	9	90				6	6	6	6	0,32	0,32	0,32
6	35	125	145		145	6	6	6	6	0,47	0,47	0,47
7	36	161				6	6	6	6	0,55	0,66	0,58
8	36	197		145		6	6	6	6	0,63	0,86	0,69
9	35	232				6	6	6	6	0,75	0,97	0,80
10	35	267			145	6	6	6	6	0,86	1,08	0,92
11	35	302				6	6	6	6	0,97	1,23	0,95
12	35	337	145			6	6	6	6	1,09	1,37	0,99
13	35	372				6	6	6	6	1,13	1,52	1,06
14	35	407		145		6	6	6	6	1,17	1,67	1,13
15	36	443				6	6	6	6	1,25	1,75	1,21
16	35	478			145	6	6	6	6	1,33	1,82	1,28
17	35	513				6	6	6	6	1,41	1,93	1,28
18	35	548	145			6	6	6	6	1,48	2,04	1,28
19	35	583				6	6	6	6	1,49	2,15	1,32
20	35	618		145		6	6	6	6	1,49	2,26	1,35
21	35	653				6	6	6	6	1,53	2,30	1,39
22	35	688			145	6	6	6	6	1,57	2,34	1,43
23	35	723				6	6	6	6	1,61	2,41	1,39
24	35	758	145			6	6	6	6	1,65	2,48	1,35
25	35	793				6	6	6	6	1,62	2,55	1,35
26	35	828		145		6	6	6	6	1,59	2,63	1,34
27		828							0	0,00	0,00	0,00
28		828							0	0,00	0,00	0,00
29		828							0	0,00	0,00	0,00
30		828							0	0,00	0,00	0,00
31		828							0	0,00	0,00	0,00
32		828							0	0,00	0,00	0,00
33		828							0	0,00	0,00	0,00
34		828							0	0,00	0,00	0,00
35		828							0	0,00	0,00	0,00
36		828							0	0,00	0,00	0,00
37		828							0	0,00	0,00	0,00
38		828							0	0,00	0,00	0,00
39		828							0	0,00	0,00	0,00
40		828							0	0,00	0,00	0,00
41		828							0	0,00	0,00	0,00
42		828							0	0,00	0,00	0,00
43		828							0	0,00	0,00	0,00
44		828							0	0,00	0,00	0,00
45		828							0	0,00	0,00	0,00
46		828							0	0,00	0,00	0,00
47		828							0	0,00	0,00	0,00
48		828							0	0,00	0,00	0,00
49		828							0	0,00	0,00	0,00
50		828							0	0,00	0,00	0,00

### Curva d'intervento interruttore automatico



### Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore





**QuaQuadro illuminazione esterna area di sosta Zagarella - Circuito C 7-8**

**DATI DI INGRESSO**

Tensione nominale FN (V)	230
Sfasamento F1 - F2 (deg)	120
Sfasamento F1 - F3 (deg)	240
Fattore di potenza utenze	0,9
Tipo di isolante dei cavi (*)	G7
Icc FFF inizio linea (A)	4000
Fattore di potenza in cortocircuito	0,7
Fattore di riduzione tensione	0,95
Temperatura limite isolamento cavi (°C)	90
Resistività cavi (Ω*m)	0,023

**RISULTATI**

IF1 inizio linea (A)	9,12
IF2 inizio linea (A)	9,12
IF3 inizio linea (A)	9,12
IN inizio linea (A)	0,00
I max inizio linea (A)	9,12
Icc FFF fine linea (A)	190
Icc FF fine linea (A)	165
Icc FN fine linea (A)	97
DV max (%)	2,86
In sganciatore (A)	16
Caratteristica sganciatore	MATH - B

**VERIFICHE E COMMENTI**

	SI	Intervento entro 5s (CEI 64-8)
	SI	Entro limiti CEI 64-8 (4%)
	SI	Energia passante < ammissibile
	SI	I inserzione < I interruttore

Numero Led/Potenza nominale (W)

**DATI LAMPADE**

Tipo (**)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		LE	LED	LED	LED	A	A	A	A	A
Numero Led/Potenza nominale (W)	60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)	145	190	236	284	1080	1080	1080	1080	1080	1080

**Legenda (\*)**

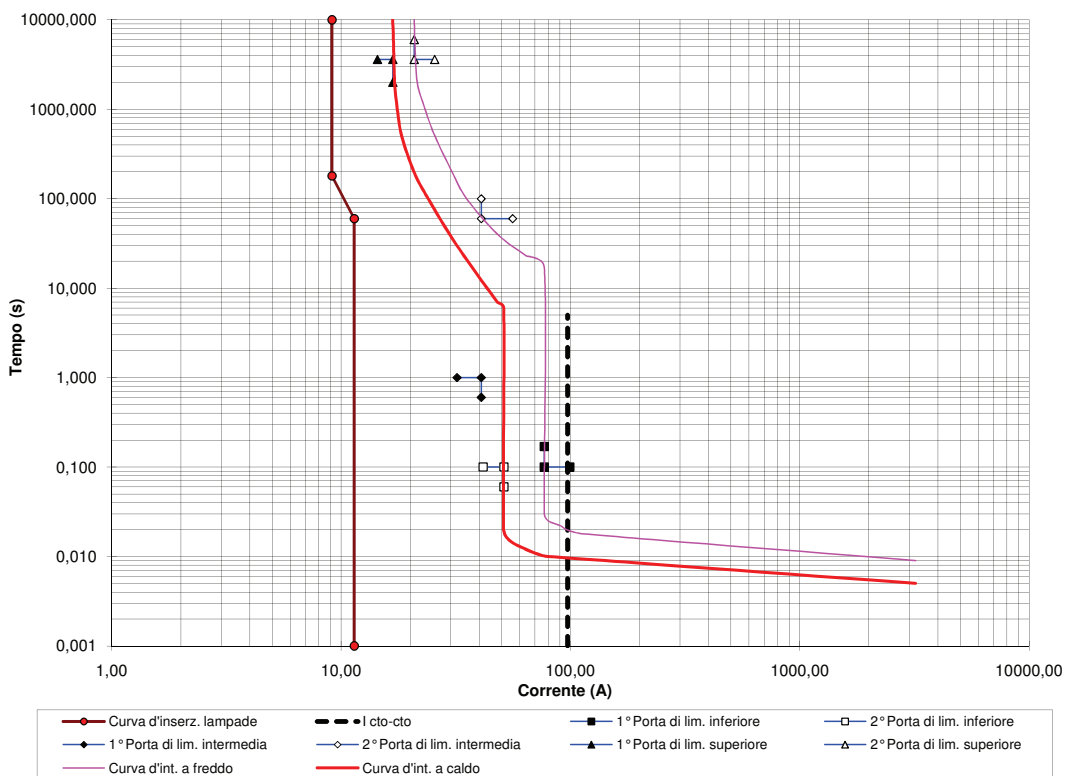
Poivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

**Legenda (\*\*)**

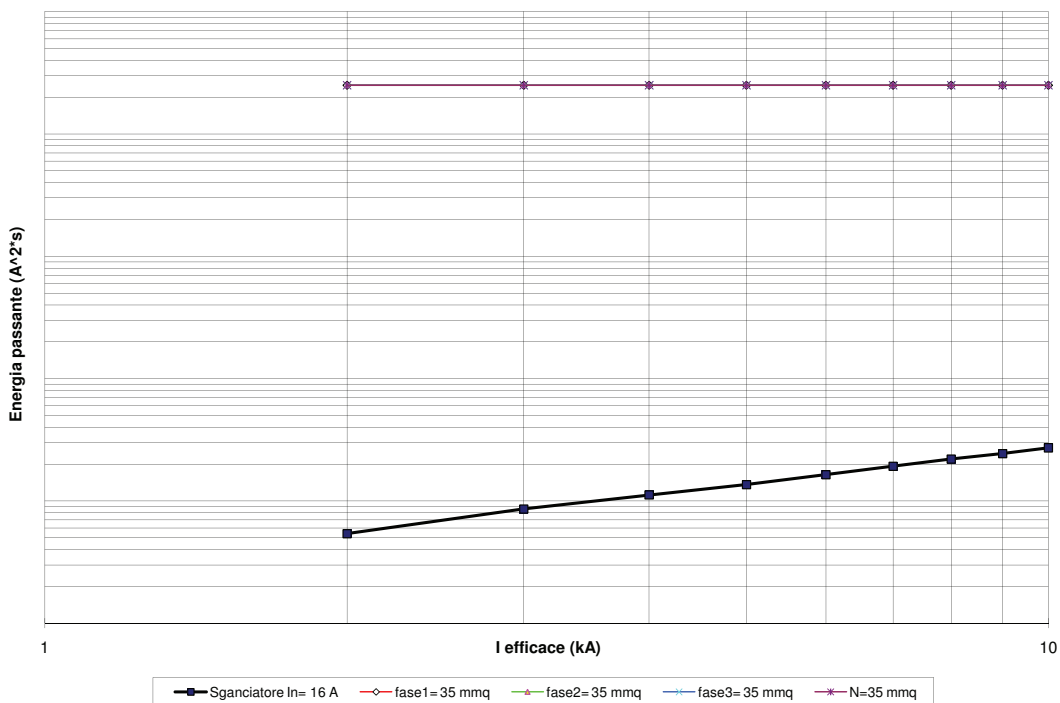
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

Progressiva	d (m)	l (m)	PF1 (W)	PF2 (W)	PF3 (W)	sF1 (mmq)	sF2 (mmq)	sF3 (mmq)	sN (mmq)	DVF1 (%)	DVF2 (%)	DVF3 (%)
QE	0	15	1888	1888	1888	35	35	35	35	0,00	0,00	0,00
1	2	17				35	35	35	35	0,005	0,005	0,005
2	25	42				35	35	35	35	0,068	0,068	0,068
3	26	68				35	35	35	35	0,134	0,134	0,134
4	26	94				35	35	35	35	0,20	0,20	0,20
5	26	120				35	35	35	35	0,27	0,27	0,27
6	26	146				35	35	35	35	0,33	0,33	0,33
7	26	172				35	35	35	35	0,40	0,40	0,40
8	29	201				35	35	35	35	0,47	0,47	0,47
9	26	227				35	35	35	35	0,54	0,54	0,54
10	10	237				35	35	35	35	0,56	0,56	0,56
11	9	246				35	35	35	35	0,58	0,58	0,58
12	35	281	236			35	35	35	35	0,67	0,67	0,67
13	6	287				35	35	35	35	0,68	0,69	0,69
14	9	296				35	35	35	35	0,70	0,71	0,71
15	22	318				35	35	35	35	0,74	0,77	0,78
16	30	348		236		35	35	35	35	0,80	0,85	0,86
17	31	379				35	35	35	35	0,87	0,91	0,95
18	31	410			236	35	35	35	35	0,93	0,97	1,04
19	30	440				35	35	35	35	1,00	1,04	1,10
20	30	470	236			35	35	35	35	1,07	1,10	1,17
21	30	500				35	35	35	35	1,11	1,17	1,24
22	30	530		236		35	35	35	35	1,16	1,24	1,32
23	30	560				35	35	35	35	1,22	1,29	1,39
24	30	590			236	35	35	35	35	1,27	1,34	1,47
25	30	620				35	35	35	35	1,33	1,40	1,52
26	30	650	236			35	35	35	35	1,38	1,45	1,58
27	30	680				35	35	35	35	1,42	1,51	1,65
28	30	710		236		35	35	35	35	1,46	1,57	1,71
29	30	740				35	35	35	35	1,51	1,61	1,78
30	30	770			236	35	35	35	35	1,55	1,65	1,84
31	30	800				35	35	35	35	1,60	1,70	1,89
32	30	830	236			35	35	35	35	1,65	1,75	1,94
33	30	860				35	35	35	35	1,67	1,80	1,99
34	30	890		236		35	35	35	35	1,70	1,85	2,05
35	30	920				35	35	35	35	1,74	1,88	2,10
36	30	950			236	35	35	35	35	1,77	1,91	2,16
37	30	980				35	35	35	35	1,81	1,95	2,20
38	30	1010	236			35	35	35	35	1,85	1,98	2,24
39	30	1040				35	35	35	35	1,87	2,03	2,28
40	30	1070		236		35	35	35	35	1,89	2,07	2,33
41	30	1100				35	35	35	35	1,91	2,09	2,37
42	30	1130			236	35	35	35	35	1,94	2,11	2,42
43	30	1160				35	35	35	35	1,97	2,14	2,45
44	30	1190	236			35	35	35	35	2,00	2,16	2,48
45	30	1220				35	35	35	35	2,01	2,20	2,51
46	30	1250		236		35	35	35	35	2,02	2,23	2,55
47	30	1280				35	35	35	35	2,03	2,24	2,59
48	30	1310			236	35	35	35	35	2,05	2,25	2,63
49	30	1340				35	35	35	35	2,07	2,27	2,65
50	30	1370	236			35	35	35	35	2,09	2,29	2,66
51	30	1400				35	35	35	35	2,09	2,31	2,69
52	30	1430		236		35	35	35	35	2,09	2,33	2,72
53	30	1460				35	35	35	35	2,09	2,33	2,75
54	30	1490			236	35	35	35	35	2,10	2,33	2,77
55	30	1520				35	35	35	35	2,11	2,34	2,78
56	30	1550				35	35	35	35	2,12	2,35	2,79
57	30	1580	236			35	35	35	35	2,11	2,37	2,81
58	30	1610		236		35	35	35	35	2,10	2,38	2,83
59	30	1640				35	35	35	35	2,10	2,37	2,85
60	30	1670			236	35	35	35	35	2,10	2,36	2,86
61		1670							0	0,00	0,00	0,00

### Curva d'intervento interruttore automatico



### Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore



Titolo: **CALCOLO CADUTE DI TENSIONE**

**QuaQuadro illuminazione esterna area di sosta Zagarella - Circuito C 9-10**

**DATI DI INGRESSO**

Tensione nominale FN (V)	230
Sfasamento F1 - F2 (deg)	120
Sfasamento F1 - F3 (deg)	240
Fattore di potenza utenze	0,9
Tipo di isolante dei cavi (*)	G7
Icc FFF inizio linea (A)	4000
Fattore di potenza in cortocircuito	0,7
Fattore di riduzione tensione	0,95
Temperatura limite isolamento cavi (°C)	90
Resistività cavi (Ω*m)	0,023

**RISULTATI**

IF1 inizio linea (A)	9,12
IF2 inizio linea (A)	9,12
IF3 inizio linea (A)	7,98
IN inizio linea (A)	1,14
I max inizio linea (A)	9,12
Icc FFF fine linea (A)	212
Icc FF fine linea (A)	184
Icc FN fine linea (A)	108
DV max (%)	1,62
In sganciatore (A)	16
Caratteristica sganciatore	MATH - B

**VERIFICHE E COMMENTI**

	SI	Intervento entro 5s (CEI 64-8)
	SI	Entro limiti CEI 64-8 (4%)
	SI	Energia passante < ammissibile
	SI	I inserzione < I interruttore

**DATI LAMPADE**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo (**)		LE	LED	LED	LED	A	A	A	A	A
Numero Led/Potenza nominale (W)		60	80	100	120	1000	1000	1000	1000	1000
Potenza totale assorbita (W)		145	190	236	284	1080	1080	1080	1080	1080

**Legenda (\*)**

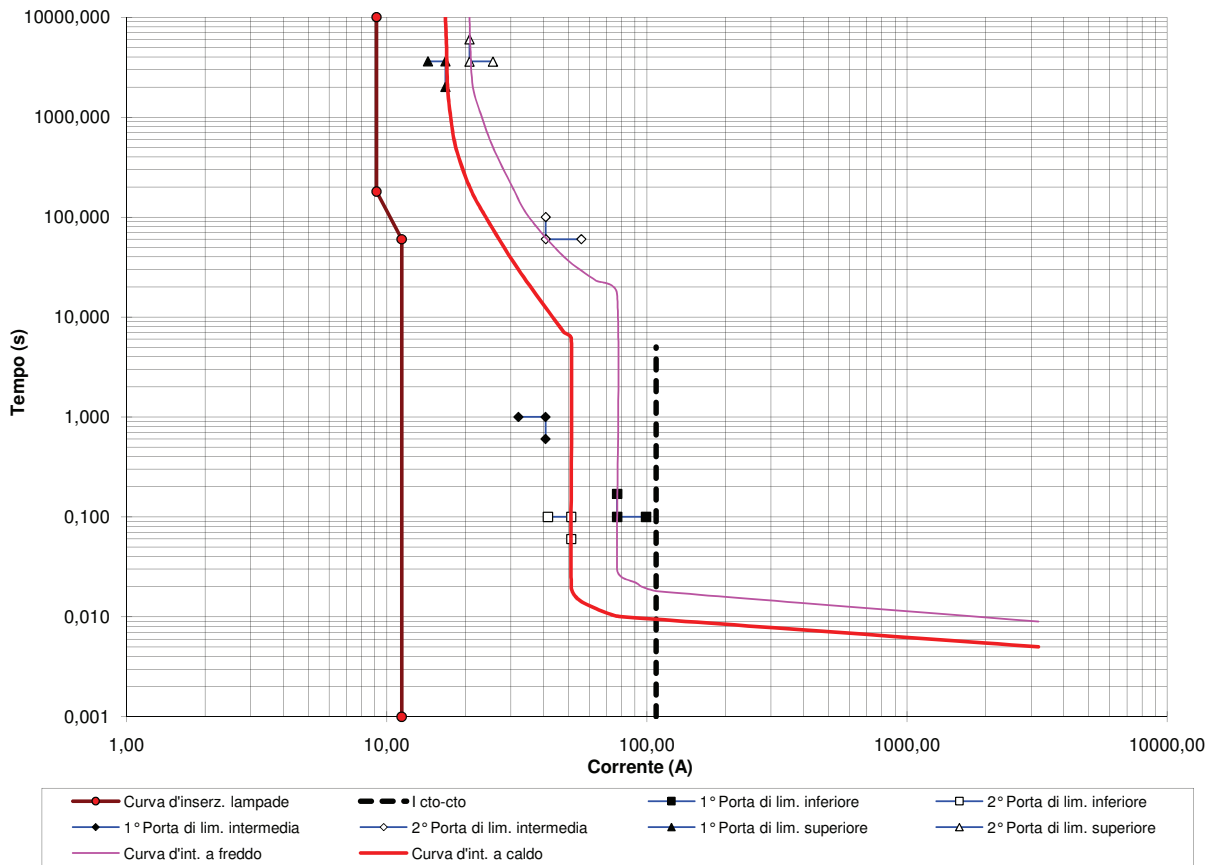
Polivinilcloruro	PVC
Gomma	G
Polietilene reticolato	XLPE
Etilpropilene	EPR

**Legenda (\*\*)**

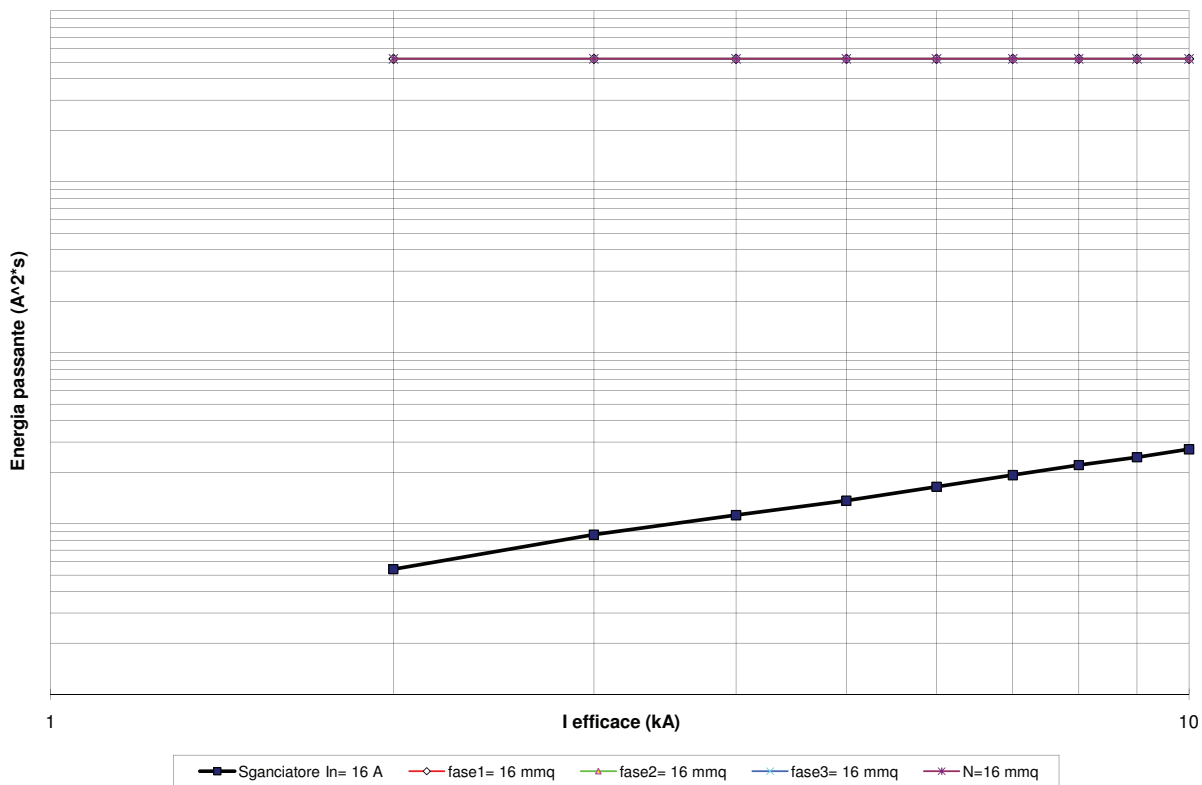
Sodio ad alta pressione	SA
Sodio a bassa pressione	SB
A vapori di mercurio	M
Ad alogenuri metallici	A

Progressiva	d (m)	l (m)	PF1 (W)	PF2 (W)	PF3 (W)	sF1 (mmq)	sF2 (mmq)	sF3 (mmq)	sN (mmq)	DVF1 (%)	DVF2 (%)	DVF3 (%)
QE	0	15	1888	1888	1652	16	16	16	16	0,00	0,00	0,00
1	2	17				16	16	16	16	0,011	0,012	0,008
2	15	32				16	16	16	16	0,093	0,100	0,068
3	21	53				16	16	16	16	0,207	0,224	0,152
4	12	65				16	16	16	16	0,27	0,29	0,20
5	14	79				16	16	16	16	0,35	0,38	0,26
6	37	116	944	944	944	16	16	16	16	0,55	0,60	0,40
7	12	128		236		16	16	16	16	0,58	0,63	0,42
8	29	157	236			16	16	16	16	0,68	0,69	0,46
9	30	187				16	16	16	16	0,74	0,75	0,52
10	30	217		236		16	16	16	16	0,80	0,81	0,58
11	30	247				16	16	16	16	0,88	0,83	0,65
12	30	277			236	16	16	16	16	0,95	0,85	0,71
13	30	307				16	16	16	16	1,03	0,89	0,73
14	30	337	236			16	16	16	16	1,11	0,92	0,75
15	30	367				16	16	16	16	1,15	0,96	0,79
16	30	397		236		16	16	16	16	1,19	1,00	0,83
17	30	427				16	16	16	16	1,25	1,00	0,88
18	30	457			236	16	16	16	16	1,31	1,00	0,92
19	30	487				16	16	16	16	1,37	1,02	0,92
20	30	517	236			16	16	16	16	1,43	1,04	0,93
21	30	547				16	16	16	16	1,45	1,06	0,95
22	30	577		236		16	16	16	16	1,47	1,08	0,97
23	30	607				16	16	16	16	1,50	1,06	0,99
24	30	637			236	16	16	16	16	1,54	1,04	1,01
25	30	667				16	16	16	16	1,58	1,03	1,00
26	30	697	236			16	16	16	16	1,62	1,03	0,98
27		697							0	0,00	0,00	0,00
28		697							0	0,00	0,00	0,00
29		697							0	0,00	0,00	0,00
30		697							0	0,00	0,00	0,00
31		697							0	0,00	0,00	0,00
32		697							0	0,00	0,00	0,00
33		697							0	0,00	0,00	0,00
34		697							0	0,00	0,00	0,00
35		697							0	0,00	0,00	0,00
36		697							0	0,00	0,00	0,00
37		697							0	0,00	0,00	0,00
38		697							0	0,00	0,00	0,00
39		697							0	0,00	0,00	0,00
40		697							0	0,00	0,00	0,00
41		697							0	0,00	0,00	0,00
42		697							0	0,00	0,00	0,00
43		697							0	0,00	0,00	0,00
44		697							0	0,00	0,00	0,00
45		697							0	0,00	0,00	0,00
46		697							0	0,00	0,00	0,00
47		697							0	0,00	0,00	0,00
48		697							0	0,00	0,00	0,00
49		697							0	0,00	0,00	0,00
50		697							0	0,00	0,00	0,00

### Curva d'intervento interruttore automatico



### Curva di limitazione dell'energia specifica passante interruttore Curve energia ammissibile nei cavi di sezione minore



**ALLEGATO 2**  
**DIMENSIONAMENTO RETE DI MEDIA TENSIONE (MT)**

## GENERALITA'

Nel presente allegato vengono riportati i risultati del calcolo di dimensionamento delle linee in media tensione (MT) che costituiscono la rete di alimentazione alle cabine MT/BT, asservite agli impianti tecnologici dei tunnel stradali lato Calabria.

La rete di media tensione è stata concepita ad anello, facente capo alla sottostazione MT-SS lato Calabria, da gestirsi normalmente aperto in un punto che consenta l'ottimizzazione delle perdite di rete nel funzionamento normale.

Tale rete dovrà tuttavia essere dimensionata e verificata nella condizione più sfavorevole di funzionamento, ovvero nel caso di fuori servizio di una delle due linee in partenza dalla sottostazione MT-SS di alimentazione dell'anello.

Lo schema della rete allo studio è riportato in Fig. 1

I dati generali di ingresso sono i seguenti:

- tensione nominale 20.000 V ac;
- frequenza 50 Hz;
- massima caduta di tensione in media tensione nel funzionamento normale: 2%
- massima caduta di tensione in media tensione nel funzionamento in emergenza: 5%.

La distribuzione è realizzata:

- tramite cavi di tipo RG7H1M1X 12/20 kV
- con posa a trifoglio entro cavidotti interrati dedicati realizzati in PE.

La rete è costituita dalle seguenti linee:

Nome-Sigla	Lunghezza (m)	N. di cavi per fase	Da nodo	A nodo
L SS-RMPA	655	1	MT-SS CONSEGNA ENEL	CAB RAMPA A
L RMPA-RMPB	775	1	CAB RAMPA A	CAB RAMPA B
L RMPB-ASRC	1780	1	CAB RAMPA B	CAB A. SOSTA RC
L ASRC-RMPD	1395	1	CAB A. SOSTA RC	CAB RAMPA D
L RMPD-RMPC	1380	1	CAB RAMPA D	CAB RAMPA C
L RMPC-CDRZ	1040	1	CAB RAMPA C	CAB C. DIREZ.
L CDRZ-RMP	35	1	CAB C. DIREZ.	CAB RAMPE C. DIREZ.
L RMP-ASSA	1500	1	CAB RAMPE C. DIREZ.	CAB A. SOSTA SA
L ASSA-SS	2095	1	CAB A. SOSTA SA	MT-SS CONSEGNA ENEL

Di seguito sono illustrati i criteri di dimensionamento adottati. La procedura prevede calcoli di load flow e corto circuito eseguiti tramite il software NEPLAN®, ver. 5.4.3, prodotto da BCP Zurigo.

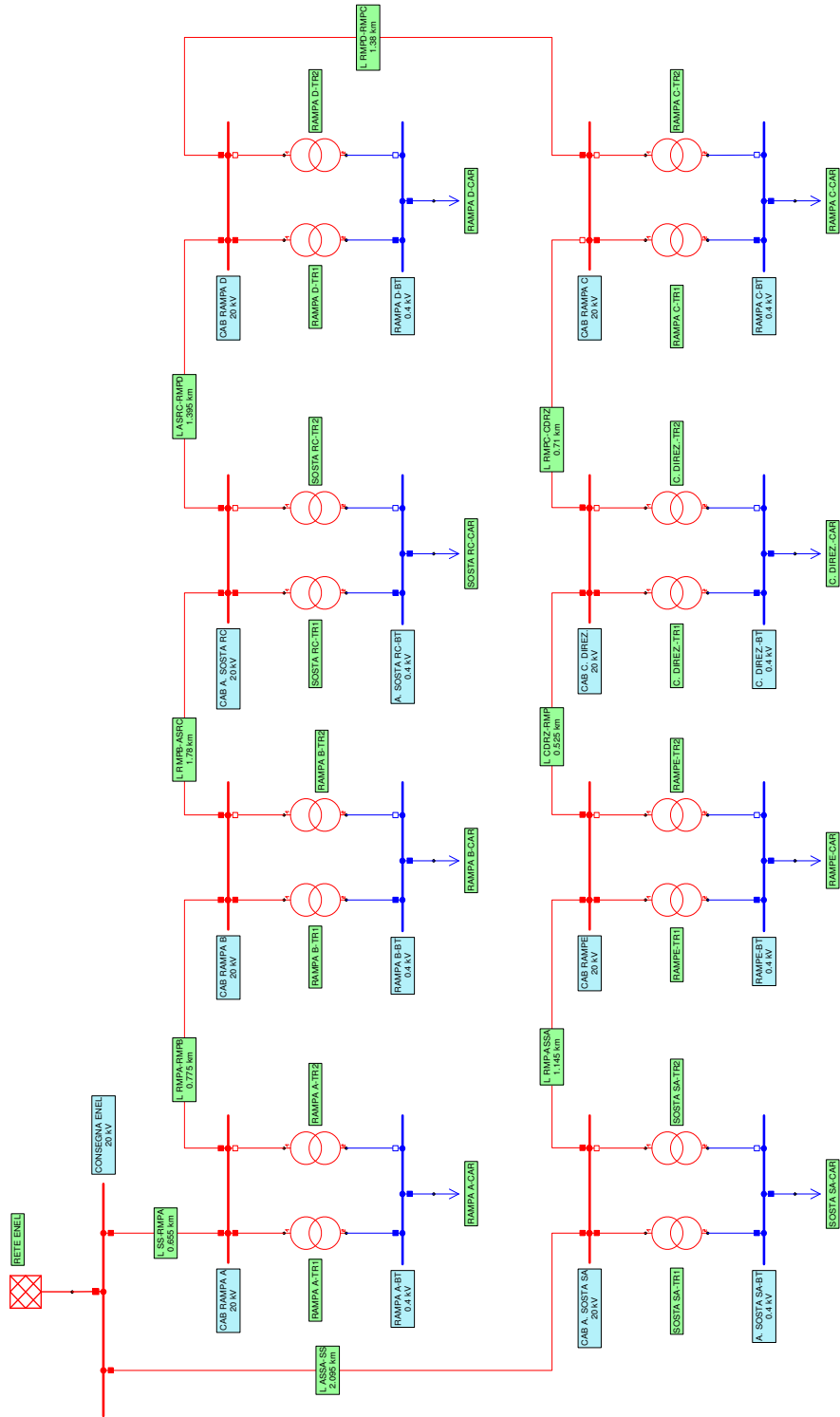



Figura 1 - Schema della rete MT/BT lato Calabria

Project:	realizz_Calabria nepj	Created:	AFEB
Variant:	Rete Base	Changed:	
		Checked:	
		Approved:	
		Date:	05-02-2010
			<b>NEPLAN</b>
			
SINT Edizione S41 via C. Colombo, 100 36010 San Giovanni Lupatoto (VI) www.sintengineering.it			

## DISTRIBUZIONE CARICHI

I casi di studio considerati nell'analisi qui descritta sono riportati in seguito:

- funzionamento normale;
- funzionamento in emergenza.

Per funzionamento in emergenza si intende il caso più sfavorevole di carico per la rete, corrispondente ad una maggiore richiesta della Cabina lato Messina "Ramo A" per ragioni di emergenza (evento di incendio), associato alla indisponibilità della linea L SS-RMPA tra la cabina stessa e la sottostazione di consegna MT-SS.

I casi di cui sopra prevedono le seguenti distribuzioni dei carichi:

Cabina	Potenza installata (kVA)	Potenza assorbita in funzionamento normale (kVA)	Potenza assorbita in funzionamento in emergenza (kVA)
Cabina lato Messina "Ramo A"	800	518	687
Cabina lato Reggio C. "Ramo B"	630	432	432
Cabina lato Reggio C. "Area di sosta"	160	39	39
Cabina lato Reggio C. "Ramo D"	800	435	435
Cabina lato Messina "Ramo C"	630	378	378
Centro direzionale	1600	1.280	1.280
Rampe centro direzionale	800	245	245
Cabina lato Salerno "Area di sosta"	160	95	95

## DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE DEI CAVI

La sezione ipotizzata per tutte le tratte MT, oggetto di verifica, è pari a **1x185** mm<sup>2</sup>.

Le caratteristiche di tale cavo sono le seguenti:

Tipo di cavo	Formazione	R <sub>d</sub> (Ω/km)	X <sub>d</sub> (Ω/km)	C <sub>d</sub> (μF/km)	R <sub>0</sub> (Ω/km)	X <sub>0</sub> (Ω/km)	C <sub>0</sub> (μF/km)	I <sub>zmax</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)
RG7H1M1X 12/20 kV	3x1x185	0.101	0.11	0.29	0.739	0.294	0.29	456	374

dove:

- R<sub>d</sub>: resistenza alla sequenza diretta
- X<sub>d</sub>: reattanza alla sequenza diretta



- $C_d$ : capacità alla sequenza diretta
- $R_0$ : resistenza alla sequenza zero (omopolare)
- $X_0$ : reattanza alla sequenza zero (omopolare)
- $C_0$ : capacità alla sequenza zero (omopolare)
- $I_{zmax}$ : portata nominale del cavo
- $I_z$  : portata reale del cavo ( $I_z = I_{zmax} * k$  con  $k= 0.82$ )

I calcoli di verifica, secondo i criteri sopra esposti, sono di seguito presentati:

### **1) Verifica della condizione $I_b \leq I_z$ e delle cadute di tensione.**

Il risultato del calcolo del load flow con rete in condizione di emergenza è riportato in Fig. 2, mentre quello con rete in condizioni normali è visibile in Fig. 3.

Dai risultati ottenuti si deduce che:

- il massimo carico si ha sulla linea in partenza dalla sottostazione in caso di indisponibilità dell'altra linea ed è pari al 28 % della  $I_z$ ;
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione, in caso di funzionamento normale, sono contenute entro lo 0.2 %;
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione, in caso di funzionamento in emergenza, sono contenute entro il 0.75 %;
- la caduta di tensione nei nodi di bassa tensione può essere limitata prevedendo di gestire i trasformatori MT/bt sulla tap -1.

La taratura per sovraccarico della protezione di linea dovrà essere inferiore a 374 A.

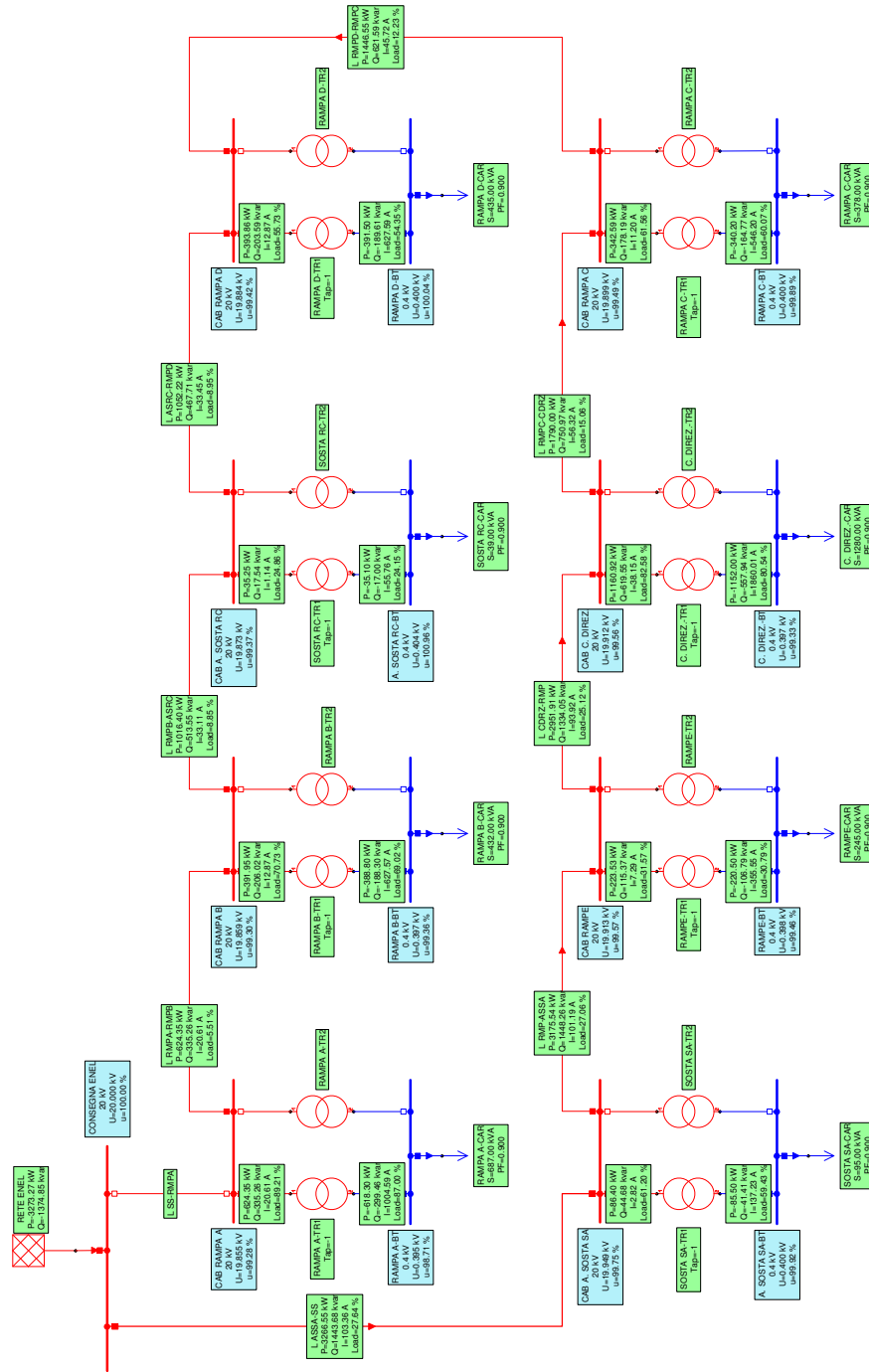


Figura 2 - Condizione di funzionamento in emergenza – Risultati calcolo di load flow

Projet:	emafT_Cabina_3(empp)	Load	IFLB
Value:	Emergenza	Analysis	
		Simulation	
		Printed	
Date:	16/06/2011		
		<b>NEPLAN</b>	
		SNT Ingovvendi Via C. Colombo, 106 39067 Bolzano (BO) www.sntingovvendi.com	



## 2) Verifica della tenuta al corto circuito

Nella configurazione di rete che porta alle massime correnti di corto circuito nei nodi, viene valutata l'energia specifica passante in ciascuna linea, verificando che il tempo massimo di tenuta del cavo sia superiore al tempo di eliminazione del guasto. Quest'ultimo viene assunto, conservativamente, pari ad 1 s.

La configurazione di rete considerata è quella in funzionamento normale.

La relazione valutata è:

$$K^2 S^2 > I^2 t$$

I risultati del calcolo delle correnti di corto circuito, eseguito in accordo alla norma IEC 60909-2001, per i nodi di interesse sono di seguito riportati:

Nodo	$I_k''(\text{RST})$ (kA)
CONSEGNA ENEL	12.5
CAB RAMPA A	11.537
CAB RAMPA B	10.551
CAB A. SOSTA RC	8.775
CAB RAMPA D	7.73
CAB RAMPA C	6.904
CAB C. DIREZ.	8.434
CAB RAMPE	8.461
CAB A. SOSTA SA	9.817

La verifica sulla tenuta termica dei cavi è quindi la seguente:

Linea	S [mm <sup>2</sup> ]	K	$I_{k'' \max}$ [kA]	$t_{\max} [\text{s}] = K^2 S^2 / I_k''^2$	Verifica $t_{\max} > 1 \text{ s}$
L SS-RMPA	185	143	12.5	4.48	Positiva
L RMPA-RMPB	185	143	11.537	5.26	Positiva
L RMPB-ASRC	185	143	10.551	6.29	Positiva
L ASRC-RMPD	185	143	8.775	9.09	Positiva
L RMPD-RMPC	185	143	7.73	11.71	Positiva
L RMPC-CDRZ	185	143	8.434	9.84	Positiva
L CDRZ-RMP	185	143	8.461	9.77	Positiva
L RMP-ASSA	185	143	9.817	7.26	Positiva
L ASSA-SS	185	143	12.5	4.48	Positiva

**ALLEGATO 3**  
**DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI**

**Titolo: DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE MT**
**Dati iniziali**

<b>Dati climatici esterni</b>	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2
<b>Dati climatici interni</b>	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	5,0	35,5	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	12,5	69,8	60,0
<b>Dati geometrici</b>			
Superficie locale (mq)	18,00		
Altezza locale (m)	3,00		
Volume (mc)	54,00		

**Potenza termica da smaltire periodo estivo****Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.				Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00				0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00				0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00				0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00				0,0	0,0
Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	35,5	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	36,0	3,40	35,5	34,0	26,0	34,0	0,0	979,2
Soffitto esterno	18,0	3,40	35,5	34,0	26,0	34,0	0,0	489,6
Pavimento su terra	18,0	2,00	35,5	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	35,5	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	73,4
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)			Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
	54,00	0,5	-1,815	9,679			0,0	72,6
<b>TOTALE (W)</b>							<b>0,0</b>	<b>1.614,8</b>

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Quadri	P (W)	Rendim, (p.u.)	F carico (p.u.)	Valore noto (W)	Ps (W)
Q_MT	144.000	0,999	0,95		137
Altri valori					Ps (W)
Armadi rack					90
Illuminazione e ausiliari					-
Valori noti					-
<b>TOTALE (W)</b>					<b>227</b>
<b>Totale</b>					
Totale (W)					227
Coefficiente di maggiorazione (%)					5
Totale maggiorato (W)					238
					1.842
					5
					1.934

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		5,0	2,0	0,0
Pareti esterne	36,0 E	1,15	3,40	5,0	2,0	422,3
Soffitto esterno	18,0	1,00	3,40	5,0	2,0	183,6
Pavimento su terra	18,0	1,00	2,00	5,0	5,0	0,0
Solaio	0,0	1,00		5,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					60,6
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)			Pinv (W)
	54,00	0,5	3,671			27,5

TOTALE (W) Pinv.  
694,0

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) -   
 227

**Totale**

Totale (W) Pinv  
467  
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5  
 Totale maggiorato (W) 491

**Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna**

**Calcolo portata d'aria di ventilazione**

Temperatura media (°C)	34,75
Densità dell'aria (kg/mc)	1,14
Calore specifico dell'aria (kJ/kg K)	1,03
Portata aria di ventilazione (mc/s)	0,13
Volume locale (mc)	54,00
Numero ricambi (vol/h)	9

**Ventilazione forzata**

Numero di ventilatori in funzione	1
Portata aria ventilatore (mc/h)	485
Perdita di carico bocchetta aspirazione (Pa)	20,0
Perdita di carico bocchetta espulsione (Pa)	20,0
Metri di canale (m)	0,0
Perdita di carico lineare canale (Pa/m)	0,0
Perdite di carico concentrate (Pa)	10,0
Prevalenza ventilatore (Pa)	50,0
Marca	Systemair
Modello	AW 200 E2
Accessori	Regolatore di velocità, serranda di sovrappressione

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE TRASFORMATORI MT/BT**

**Dati iniziali**

Dati climatici esterni		inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)		2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)		3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)		9,5	68,2	68,2
Dati climatici interni		inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)		10,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)		3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)		17,6	73,4	60,0
Dati geometrici				
Superficie locale (mq)		21,00		
Altezza locale (m)		3,00		
Volume (mc)		63,00		

**Potenza termica da smaltire periodo estivo**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento		S Orientamento	Radiazione	Coef. Cor.		Psest vent.	Psest cndz.		
		(mq)	(W/mq)			(W)	(W)		
Strutture vetrate		0,0 S	125	1,00		0,0	0,0		
Strutture vetrate		0,0 SO	162	1,00		0,0	0,0		
Strutture vetrate		0,0 E	183	1,00		0,0	0,0		
Strutture vetrate		0,0 N	106	1,00		0,0	0,0		
Apporti per trasmissione		S	U	ti vent.	te vent.	ti cndz.	te cndz.	Psest vent.	Psest cndz.
		(mq)	(W/mq*K)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(W)	(W)
Vetri esterni		0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne		21,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	571,2
Soffitto esterno		21,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	571,2
Pavimento su terra		21,0	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio		0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)		5,0						0,0	57,1
Apporti per ricambi naturali		Volume	Ricambi	Carico s vent.	Carico s cond.			Psest vent.	Psest cndz.
		(mc)	(Vol/h)	(kJ/mc)	(kJ/mc)			(W)	(W)
		63,00	0,5	-6,050	9,679			0,0	84,7
<b>TOTALE (W)</b>								<b>0,0</b>	<b>1.284,2</b>

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Trasformatori	PFe	PCu	F carico	Ps
	(W)	(W)	(p.u.)	(W)
Trasformatore 160 kVA	400	2.400	0,95	2.566
Altri valori				
Armadi rack				-
Illuminazione e ausiliari				-
Valori noti				-
<b>TOTALE (W)</b>				<b>2.566</b>
<b>Totale</b>				
Totale (W)				2.566
Coefficiente di maggiorazione (%)				5
Totale maggiorato (W)				2.694
				3.850
				5
				4.043



**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		10,0	2,0	0,0
Pareti esterne	21,0 E	1,15	3,40	10,0	2,0	656,9
Soffitto esterno	21,0	1,00	3,40	10,0	2,0	571,2
Pavimento su terra	21,0	1,00	2,00	10,0	5,0	210,0
Solaio	0,0	1,00		10,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					143,8
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)			Pinv (W)
	63,00	0,5	9,789			85,7

TOTALE (W) Pinv.  
1.667,5

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 2.566

**Totale**

Totale (W) Pinv  
898  
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5  
 Totale maggiorato (W) -

**Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna**

**Calcolo portata d'aria di ventilazione**

Temperatura media (°C)	36,5
Densità dell'aria (kg/mc)	1,14
Calore specifico dell'aria (kJ/kg K)	1,03
Portata aria di ventilazione (mc/s)	0,46
Volume locale (mc)	63,00
Numero ricambi (vol/h)	26

**Ventilazione forzata**

Numero di ventilatori in funzione	2,0
Portata aria ventilatore (mc/h)	828
Perdita di carico bocchetta aspirazione (Pa)	20,0
Perdita di carico bocchetta espulsione (Pa)	25,0
Metri di canale (m)	0,0
Perdita di carico lineare canale (Pa/m)	0,0
Perdite di carico concentrate (Pa)	15,0
Prevalenza ventilatore (Pa)	60,0
Marca	Systemair
Modello	AW 300 E4
Accessori	Regolatore di velocità, serranda di sovrappressione

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE BT**

**Dati iniziali**

Dati climatici esterni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2
Dati climatici interni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	15,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	22,6	73,4	60,0
Dati geometrici			
Superficie locale (mq)	21,00		
Altezza locale (m)	3,00		
Volume (mc)	63,00		

**Potenza termica da smaltire periodo estivo**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)			
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00	0,0	0,0			
Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	21,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	571,2
Soffitto esterno	21,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	571,2
Pavimento su terra	21,0	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	57,1
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)		
	63,00	1,0	-6,050	9,679	0,0	169,4		
<b>TOTALE (W)</b>					0,0	1.368,9		

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Apparecchiature	P (W)	Rendim. (p.u.)	F carico (p.u.)	Valore noto (W)	Ps (W)
UPS	54.000	0,90	0,65		3.510
Quadri					
Q_BT	144.000	0,997	0,95	-	410
Altri valori					Ps (W)
Armadi rack					105
Illuminazione e ausiliari					
Valori noti					
<b>TOTALE (W)</b>					4.025
<b>Totale</b>					
Totale (W)					4.025
Coefficiente di maggiorazione (%)					5
Totale maggiorato (W)					4.227
					5.394
					5
					5.664

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		15,0	2,0	0,0
Pareti esterne	21,0 E	1,15	3,40	15,0	2,0	1.067,4
Soffitto esterno	21,0	1,00	3,40	15,0	2,0	928,2
Pavimento su terra	21,0	1,00	2,00	15,0	5,0	420,0
Solaio	0,0	1,00		15,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					241,6
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)			Pinv (W)
	63,00	0,5	15,907			139,2

TOTALE (W) 2.796,4

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 4.025

**Totale**

Totale (W)	-	Pinv	1.229
Coefficiente di maggiorazione (%)			5
Totale maggiorato (W)	-		-

**Climatizzazione con condizionatore in pompa di calore**

Percentuale garantita da ogni condizionatore	65
Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W)	3.682
Potenza di riscaldamento richiesta* (W)	0
Potenza sensibile frigorifera resa** (W)	3.780
Potenza di riscaldamento resa*** (W)	5.260
Potenza elettrica assorbita max (W)	3.200
Tensione/numero di fasi	230/1
Tipologia	condizionatore autonomo
Marca	Daikin
Modello	FHQ60B+RXS60F

\*alle condizioni di progetto (vedi dati iniziali)

\*\*aria interna 26°C 50% aria esterna 35°C

\*\*\*aria interna 20°C aria esterna -5°C

**Ventilazione locali contenenti batterie ai fini della diluizione dell'idrogeno - Norma CEI EN 50272-2 (2002-08)**

	UPS1	UPS2	UPS3	UPS4	UPS5	UPS6	UPS7	UPS8	UPS9
Fattore di sicurezza	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Diluizione necessaria Idrogeno	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Produzione di Idrogeno (mc/Ah)	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042
Parametro relativo alla batteria (A/Ah)	0,001	0,000	0	0	0	0	0	0	0
Numero elementi di batteria	600	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacità nominale di ciascuna batteria (Ah)	92	0	0	0	0	0	0	0	0
Portata aria di ventilazione (mc/h)	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Portata aria totale (mc/h) 2,78  
Velocità aria ventilazione naturale (m/s) 0,10

Aperture nette ventilazione naturale (cmq) (\*\*)  
Superficie lorda griglie di ventilazione (cmq) 110

(\*\*) prevedere due aperture: una a filo soffitto ed una in basso e preferibilmente sulla parete opposta

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE DI CONTROLLO**

**Dati iniziali**

<b>Dati climatici esterni</b>		inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)		2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)		3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)		9,5	68,2	68,2
<b>Dati climatici interni</b>		inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)		20,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)		3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)		27,7	73,4	60,0
<b>Dati geometrici</b>				
Superficie locale (mq)		15,00		
Altezza locale (m)		3,00		
Volume (mc)		45,00		

**Potenza termica da smaltire periodo estivo**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento		S Orientamento	Radiazione	Coef. Cor.		Psest vent.	Psest cndz.		
		(mq)	(W/mq)			(W)	(W)		
Strutture vetrate		0,0 S	125	1,00		0,0	0,0		
Strutture vetrate		0,0 SO	162	1,00		0,0	0,0		
Strutture vetrate		0,0 E	183	1,00		0,0	0,0		
Strutture vetrate		0,0 N	106	1,00		0,0	0,0		
Apporti per trasmissione		S	U	ti vent.	te vent.	ti cndz.	te cndz.	Psest vent.	Psest cndz.
		(mq)	(W/mq*K)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(W)	(W)
Vetri esterni		0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne		33,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	897,6
Soffitto esterno		15,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	408,0
Pavimento su terra		15,0	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio		0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)		5,0						0,0	65,3
Apporti per ricambi naturali		Volume	Ricambi	Carico s vent.	Carico s cond.			Psest vent.	Psest cndz.
		(mc)	(Vol/h)	(kJ/mc)	(kJ/mc)			(W)	(W)
		45,00	1,0	-6,050	9,679			0,0	121,0
<b>TOTALE (W)</b>								<b>Psest vent.</b>	<b>Psest cndz.</b>
								0,0	1.491,9

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Altri valori		Ps
		(W)
Armadi rack		3.000
Illuminazione e ausiliari		75
Valori noti		100
<b>TOTALE (W)</b>		<b>3.175</b>
<b>Totale</b>		
Totale (W)		3.175
Coefficiente di maggiorazione (%)		10
Totale maggiorato (W)		3.493
		4.667
		10
		5.134

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		20,0	2,0	0,0
Pareti esterne	33,0 E	1,15	3,40	20,0	2,0	2.322,5
Soffitto esterno	15,0	1,00	3,40	20,0	2,0	918,0
Pavimento su terra	15,0	1,00	2,00	20,0	5,0	450,0
Solaio	0,0	1,00		20,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					369,1
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)			Pinv (W)
	45,00	0,5	22,025			137,7

TOTALE (W) 4.197,3

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 3.175

**Totale**

Totale (W) Pinv 1.022  
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5  
 Totale maggiorato (W) 1.073

**Climatizzazione con condizionatore in pompa di calore**

Percentuale garantita da ogni condizionatore	60
Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W)	3.080
Potenza di riscaldamento richiesta* (W)	644
Potenza sensibile frigorifera resa** (W)	3.375
Potenza di riscaldamento resa*** (W)	4.510
Potenza elettrica assorbita max (W)	2.900
Tensione/numero di fasi	230/1
Tipologia	condizionatore autonomo
Marca	Daikin
Modello	FHQ50B+RXS50G

\*alle condizioni di progetto (vedi dati iniziali)

\*\*aria interna 26°C 50% aria esterna 35°C

\*\*\*aria interna 20°C aria esterna -5°C

**Ventilazione locali contenenti batterie ai fini della diluizione dell'idrogeno - Norma CEI EN 50272-2 (2002-08)**

	UPS1	UPS2	UPS3	UPS4	UPS5	UPS6	UPS7	UPS8	UPS9
Fattore di sicurezza	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Diluizione necessaria Idrogeno	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Produzione di Idrogeno (mc/Ah)	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042
Parametro relativo alla batteria (A/Ah)	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0
Numero elementi di batteria	24	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacità nominale di ciascuna batteria (Ah)	200	0	0	0	0	0	0	0	0
Portata aria di ventilazione (mc/h)	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Portata aria totale (mc/h) 0,24  
 Velocità aria ventilazione naturale (m/s) 0,10

Aperture nette ventilazione naturale (cmq) (\*\*)  
 Superficie lorda griglie di ventilazione (cmq) 8  
 (\*\*) prevedere due aperture: una a filo soffitto ed una in basso e preferibilmente sulla parete opposta