

CORRENTE ELETTRICA E CORPO UMANO

EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA



TETANIZZAZIONE MUSCOLARE

Il muscolo è portato alla contrazione completa e così permane finché non cessano gli stimoli.

L'infortunato può rimanere attaccato alle parti in tensione

**Se il contatto perdura si verificano
svenimenti, asfissia, collasso.**

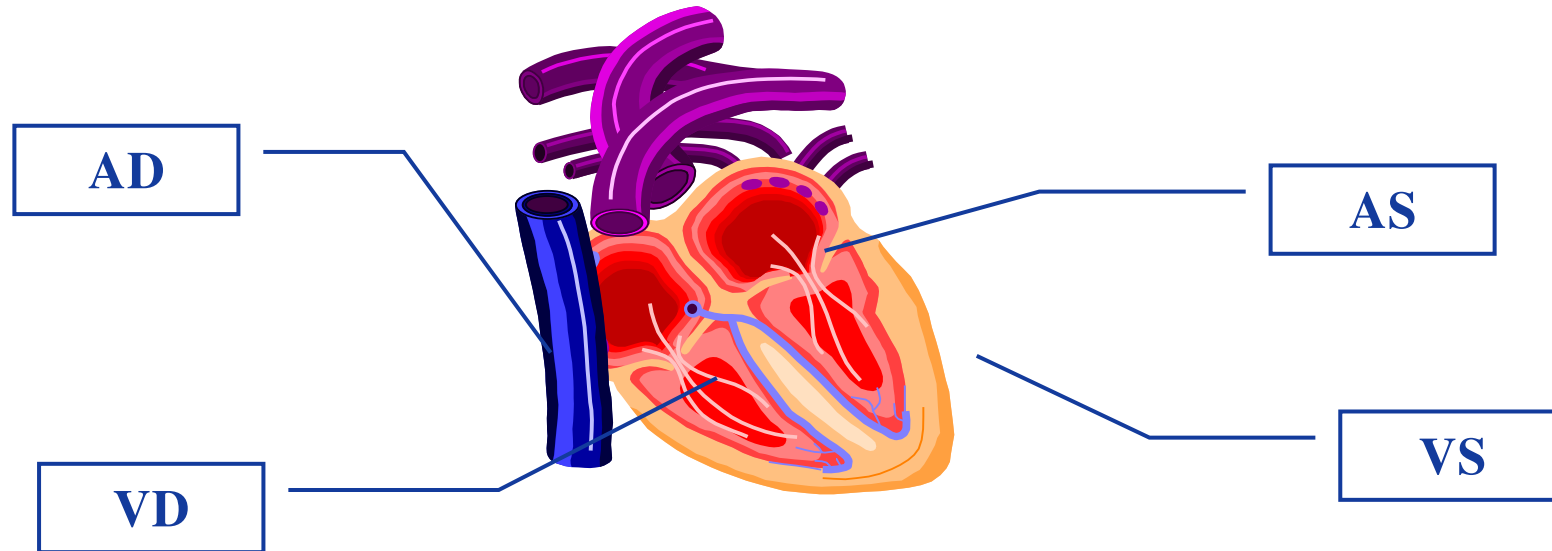
ARRESTO DELLA RESPIRAZIONE

Il passaggio della corrente provoca una contrazione dei muscoli addetti alla respirazione ed una paralisi dei centri nervosi che sovrintendono alla funzione respiratoria:

**PERDITA DI CONOSCENZA
E SOFFOCAMENTO**

In tali circostanze si registra un aumento della pressione sanguigna, disturbi passeggeri alla vista ed al cuore.

FIBRILLAZIONE VENTRICOLARE



Sovrapposizione di una corrente elettrica esterna (più grande) alle normali correnti elettriche fisiologiche.

I muscoli cardiaci in mancanza di ordini coordinati, non svolgono più la loro funzione.

Con queste contrazioni caotiche e disordinate il cuore non riesce più a pompare il sangue.

L'istante del contatto ed il percorso della corrente hanno influenza sull'innesco della fibrillazione.

EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA

La causa principale delle morti per corrente elettrica è la

FIBRILLAZIONE VENTRICOLARE

**perchè il fenomeno può accadere anche a
valori di corrente molto bassi**

**Le condizioni nelle quali può innescarsi la fibrillazione
ventricolare sono state adottate come riferimento per la stesura
delle norme CEI specifiche**

VARIABILI CHE DETERMINANO IL LIVELLO DI RISCHIO PER LE PERSONE

1 VALORE DELLA CORRENTE CHE ATTRAVERSA IL CORPO UMANO

Dipende:

A - dalla tensione di contatto

B - dalla resistenza del corpo umano

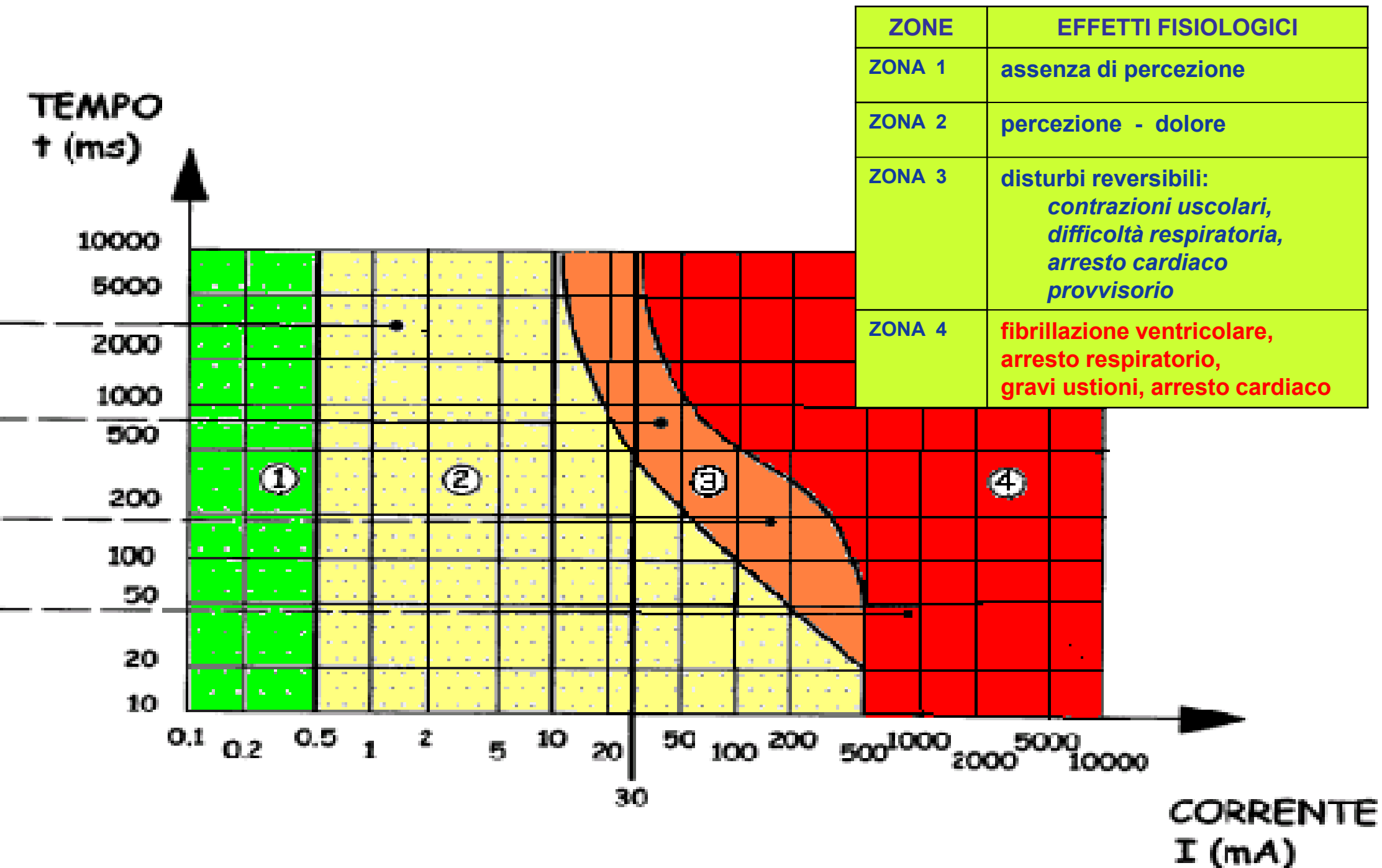
$$I = V/R$$

VARIABILI CHE DETERMINANO IL LIVELLO DI RISCHIO PER LE PERSONE

2 DURATA DEL PASSAGGIO DELLA CORRENTE ELETTRICA

**Dipende dal tempo di intervento delle
protezioni elettriche quali ad esempio gli interruttori
differenziali**

EFFETTI DELLA CORRENTE ELETTRICA



Pericolosità della corrente Elettrica

VALORE MINIMO DI CORRENTE CHE PUÒ
ESSERE PERCEPITO DA UNA PERSONA

0,5 mAmpere

VALORE MASSIMO DI CORRENTE CHE - *INDIPENDENTEMENTE DAL
TEMPO* - NON PRODUCE EFFETTI SULLA PERSONA

10 mAmpere

VALORE MASSIMO DI CORRENTE CHE - *INDIPENDENTEMENTE DAL
TEMPO* - NON PRODUCE EFFETTI PATO-FISIOLOGICI SULLA
PERSONA

35 - 40 mAmpere

LIVELLI DI SICUREZZA ADOTTATI DALLA NORMA CEI 64-8

I sistemi di protezione contro i contatti indiretti tramite l'interruzione automatica dell'alimentazione conformi alla Norma CEI 64-8 :

- *proteggono dal pericolo mortale***
- *non proteggono “completamente” dal danno fisiologico***

TENSIONE NON PERICOLOSA

Per individuare i valori di tensione non pericolosi, in funzione del tempo di contatto è necessario conoscere il valore della resistenza complessiva che si contrappone al passaggio della corrente nel corpo umano.

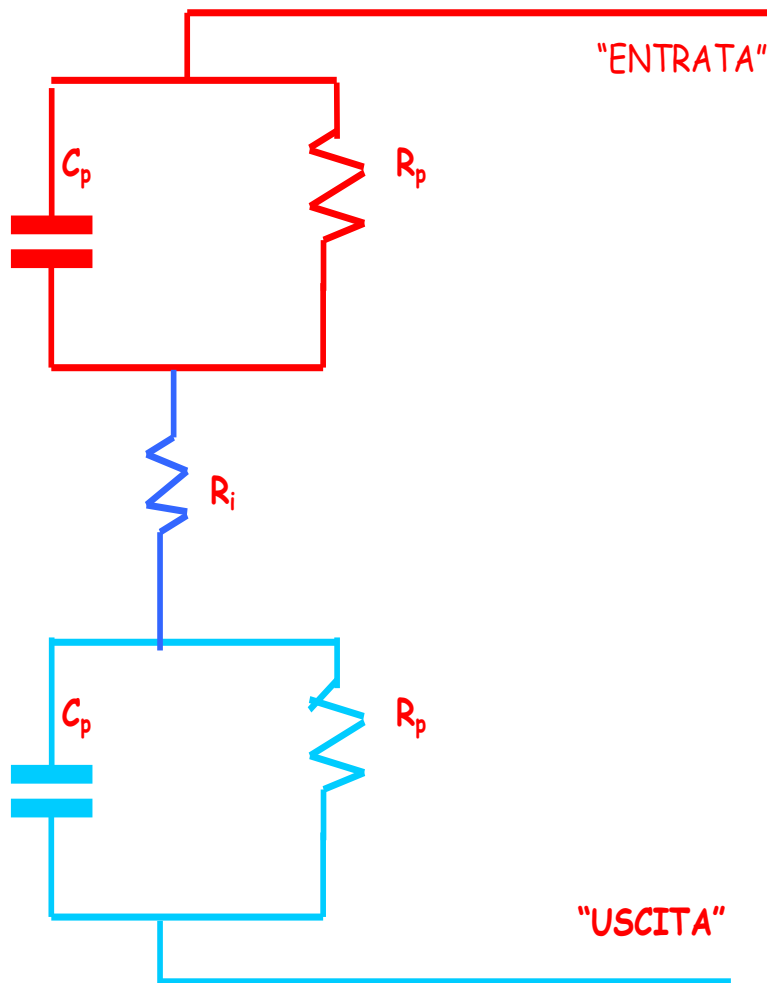
$$V = I \times R$$

VALORE DELLA IMPEDENZA/RESISTENZA DEL CORPO UMANO

DIPENDE

- dalla **superficie** di contatto,
- dal valore della **tensione di contatto**
- (decresce all'aumentare della tensione)
- dal grado di **umidità** e dalla temperatura della pelle
- Dal genere
- da fattori/condizioni personali: **peso, digiuno,**

IMPEDENZA/RESISTENZA DEL CORPO UMANO



C_p risiede principalmente nella **pelle** che si interpone come isolante tra elettrodo e tessuto sottostante
 R_p è la resistenza dei pori della pelle

R_i è la resistenza **interna del corpo** umano (per frequenze di 50 Hz si può trascurare la capacità della pelle e considerare la sola resistenza del corpo umano R_C)

R_C è una grandezza variabile con le condizioni **ambientali** e con le condizioni **fisiologiche**

Trascurando C_p

VALORE DELLA RESISTENZA DEL CORPO UMANO

Persone diverse hanno un valore di resistenza diverso

Il valore della resistenza del corpo umano assunto come riferimento dalla norma CEI 64-8 è quel valore che viene oltrepassato dal **95 %** delle persone quando sono sottoposte ad una tensione di **50 volt**

$$R_p = 1450 \text{ ohm}$$

misura della resistenza per contatto **mano-mano** o **mano-piede** con una superficie di contatto da 50 a 100 cm²

VALORE DELLA RESISTENZA DEL CORPO UMANO

Il valore della resistenza assunto come riferimento dai sistemi di protezione conformi alle norme CEI è il valore misurato nel contatto

due mani - due piedi cioè 725 ohm

(persona che afferra con entrambe
le mani un apparecchio elettrico)

al quale deve essere sommato il valore della resistenza verso terra:

1000 ohm

(valore cautelativo)

VALORI DELLA RESISTENZA VERSO TERRA IN RELAZIONE AL TIPO DI PAVIMENTO

Tipo di pavimento	Resistenza minima a secco
cemento	3.000 ohm
graniglia	2.000 ohm
grès rosso	3.000 ohm
ceramica	3.000 ohm
marmo	46.000 ohm
moquette	77.000 ohm
legno	670.000 ohm

VALORE DELLA RESISTENZA DEL CORPO UMANO

La resistenza che si oppone al passaggio della corrente è uguale alla resistenza del corpo umano (R_c) più il valore della resistenza del pavimento (R_{tc}).

$$R_{\text{tot.}} = R_c + R_{tc} = 725 + 1000 = 1725 \text{ ohm}$$

Sulla base di tale valore di resistenza totale è stato possibile tracciare il “diagramma di sicurezza”: **TENSIONE/TEMPO MASSIMO DI CONTATTO**
IN CONDIZIONI ORDINARIE , LA TENSIONE MAX A CUI UNA PERSONA PUÒ ESSERE SOTTOPOSTA SENZA LIMITI DI TEMPO (SENZA SUBIRE ALCUN EFFETTO DANNOSO) E' PARI A

$$\cong 50 \text{ volt c. a. (30 mA x 1725 ohm)}$$

VALORE DELLA IMPEDENZA/RESISTENZA DEL CORPO UMANO

In particolari situazioni il valore della resistenza verso terra diminuisce notevolmente

Per questo in determinati ambienti le Norme CEI prescrivono particolari precauzioni, in particolare il valore della resistenza verso terra (pavimento) assunta come riferimento non è più **1000 ohm** (come negli ambienti ordinari) ma **200 ohm**.

Ciò vale, ad esempio, nei cantieri, nelle strutture ad uso agricolo, nei locali ad uso medico ecc.

AREA DI CONTATTO BAGNATA (Cap. 5)

Per tensioni sino a 50 V la resistenza diminuisce di un valore compreso fra il 10 e il 25 %

IL FATTORE DI PERCORSO

Un uguale valore di corrente ma percorsi diversi GENERA
probabilità diverse che si inneschi la fibrillazione
PERCHÉ

è la corrente che attraversa il cuore che innesca la fibrillazione

Il FATTORE DI PERCORSO tiene conto di quanta parte della corrente - che
percorre il corpo umano - **attraversa il cuore**

I_{ref} = corrente nel corpo umano per il percorso mano sinistra -piedi

I_n = corrente nel corpo umano per percorsi diversi che genera lo stesso
danno/probabilità

F = fattore di percorso

$$F = \frac{I_{ref}}{I_n}$$

Pericolosità della corrente Elettrica

Fattore di percorso F

Mano sinistra-piede sinistro, piede destro o piedi	F=1,0
Due-piedi	F=1,0
Mano sinistra-mano destra	F=0,4
Mano destra-piede sinistro, piede destro o piedi	F=0,8
Schiena-mano destra	F=0,3
Schiena-mano sinistra	F=0,7
Glutei- mano sinistra, mano destra o entrambe le mani	F=0,7
Torace-mano destra	F=1,3
Torace-mano sinistra	F=1,5

CORRENTE CONTINUA

**Gli infortuni con corrente continua sono meno frequenti
(anche in proporzione al numero delle applicazioni)**

PERCHE'

- **il rilascio delle parti afferrate è meno difficile**
- **la soglia di fibrillazione è considerevolmente maggiore che in corrente alternata perché la stimolazione dei nervi e dei muscoli e l'innesco della fibrillazione sono collegati alla **variazione del valore di corrente****
- **La resistenza del corpo umano in c.c. è **maggiore** di quella in c.a.**

Pericolosità della corrente Elettrica

CORRENTE CONTINUA

Per produrre gli stessi effetti l'intensità della corrente continua deve essere da **due a quattro** volte più grande di quella in corrente alternata

Variazione della soglia di fibrillazione ventricolare per frequenze da 50/60 Hz a 1000 Hz,

La pericolosità della corrente alternata **diminuisce all'aumentare della frequenza** (per eccitare una cellula l'ampiezza deve essere tanto più grande quanto più lo stimolo è breve)

La corrente ad alta frequenza tende a passare sull'esterno del corpo (effetto pelle) e in questo modo non interessa organi vitali.
Ovviamente produce effetti termici che possono divenire pericolosi.

USTIONI

**USTIONE PROVOCATA
DALL'ARCO DI UNA LINEA A
130 kV**



USTIONI



USTIONE PROVOCATA DAL PASSAGGIO DI CORRENTE ELETTRICA CONTATTO TESTA – TORACE CON INTERRUTTORE DA 15 kV

USTIONI



**BRUCIATURA MANO DESTRA E PUGNO SINISTRO PER CONTATTO DIRETTO CON
CONDUTTORI CON D.D.P. 220 V**

USTIONI



USTIONE PROVOCATA DAL CONTATTO CON UN CONDUTTORE A 20 kV