

**OIBA**  
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari

**LA MANUTENZIONE NEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI  
LA SICUREZZA E LA BUONA PRASSI**

**BARI, 31 MAGGIO 2024**

**VALUTAZIONE DEI RISCHI NELLA MANUTENZIONE DEGLI  
IMPIANTI FOTOVOLTAICI - RISCHIO ELETTRICO**

**ing. Gianluca GIAGNI**

Consigliere segretario OIBA

Coordinatore commissione sicurezza

## NOZIONI BASE DI SICUREZZA ELETTRICA

- ☞ La corretta progettazione ed installazione di un impianto elettrico sono necessarie ma non sufficienti per garantire la funzionalità e la sicurezza dell'impianto stesso.
- ☞ La gestione dell'impianto elettrico, ovvero l'insieme delle operazioni necessarie per l'uso corretto dell'impianto, deve essere condotta da **personale addestrato** in relazione alle relative mansioni (PAV/PES – CEI 11/27)

L'attività di **MANUTENZIONE PER L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO** è un obbligo di legge previsto dal **DM 37/2008** che all'art.8 comma 2 recita:

*"Il proprietario dell'impianto adotta le misure necessarie per conservarne le caratteristiche di sicurezza previste dalla normativa vigente in materia, tenendo conto delle istruzioni per l'uso e la manutenzione predisposte dall'impresa installatrice dell'impianto e dai fabbricati delle apparecchiature installate".*



## PRIMO ASPETTO DA VALUTARE....

### MANUTENZIONE ORDINARIA

«Si definiscono interventi di manutenzione ordinaria elettrica l'insieme di operazioni tecnico-gestionali necessarie a mantenere nel tempo l'efficienza funzionale e le prestazioni nominali di un impianto nel rispetto delle norme di sicurezza»

### MANUTENZIONE STRAORDINARIA

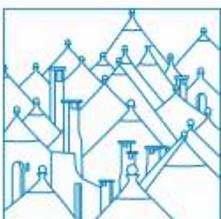
«Comprende interventi di rinnovo e/o sostituzione di parti dell'impianto in modo da riportarlo in condizioni ordinarie di utilizzo (es. nuova installazione, trasformazione, ampliamento...)»

## **MANUTENZIONE ORDINARIA**

- a. Attività di controllo visivo dei componenti dell'impianto fotovoltaico
- b. Verifica della produzione tramite test
- c. Controllo e serraggio delle bullonerie di ancoraggio dei moduli alla struttura
- d. Controllo integrità del vetro dei moduli solari
- e. Controllo dei cavi e delle scatole di giunzione
- f. Prove di funzionamento degli interruttori di protezione
- g. Pulizia delle apparecchiature
- h. Verifica della produzione dell'impianto in funzione dell'irraggiamento istantaneo
- i. Pulizia periodica (più delle volte annuale) dei pannelli con macchina idropulitrice. Durante l'anno sui moduli fotovoltaici si depositano fogliame, smog e polvere che fanno perdere fino al 25% di efficienza all'impianto (rischio di avaria e di incendio)

## MANUTENZIONE STRAORDINARIA

- ▶ La manutenzione straordinaria dei pannelli fotovoltaici comprende gli interventi di sostituzione dei componenti principali dell'impianto:
  - ▶ Pannelli Fotovoltaici
  - ▶ Inverter (cuore elettrico del fotovoltaico, è il componente più soggetto a manutenzione straordinaria)
- ▶ Interventi di ammodernamento e modifica dell'impianto sono considerati manutenzione straordinaria
  - ▶ Aumento di potenza dell'impianto fotovoltaico
  - ▶ Aggiunta di batterie per accumulo
  - ▶ Spostamento dei moduli fotovoltaici
- ▶ Interventi non riportati ma che non sono di manutenzione ordinaria

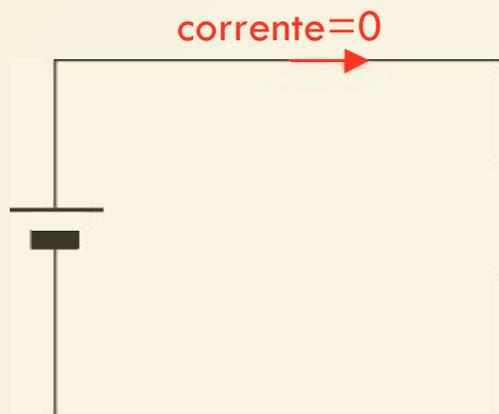


# OIBA

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari

## TRA LA CORRENTE ALTERNATA E QUELLA CONTINUA COSA CAMBIA??

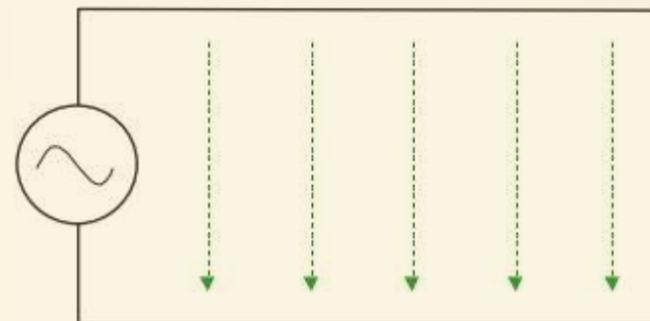
Tensione continua



La corrente, come continuo flusso di cariche (**corrente di conduzione**), può solo circolare in circuiti chiusi

L'aria è un eccellente isolante => In corrente continua la corrente non può attraversare l'aria

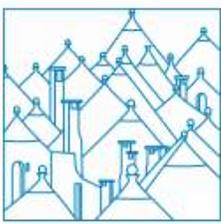
Tensione alternata



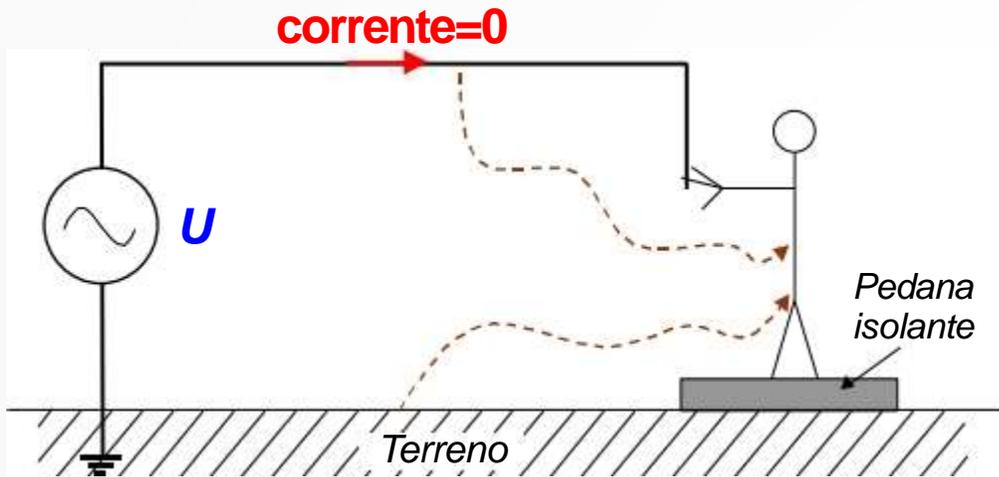
Nel caso di alimentazione in corrente alternata Nell'aria fra i fili circola una piccola corrente (anche con aria perfettamente isolante) detta **corrente di spostamento**.

Le correnti di spostamento sono significative solo in casi molto particolari, che non interessano l'utente finale

**In conclusione si può considerare che la corrente non possa passare da un filo all'altro, ma circolare solo nei fili e altri oggetti conduttivi (come il corpo umano per esempio)**



## CASO 1 - IL CIRCUITO CHE COMPRENDE L'UOMO



Le correnti tratteggiate filo-corpo sono sempre trascurabili.

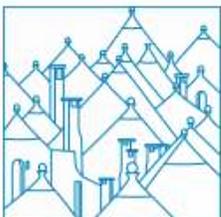
Dobbiamo pensare solo ad evitare assolutamente l'attraversamento del corpo da parte di correnti che circolano in un circuito conduttivo

**LA PEDANA ISOLANTE QUINDI CI PROTEGGE.**

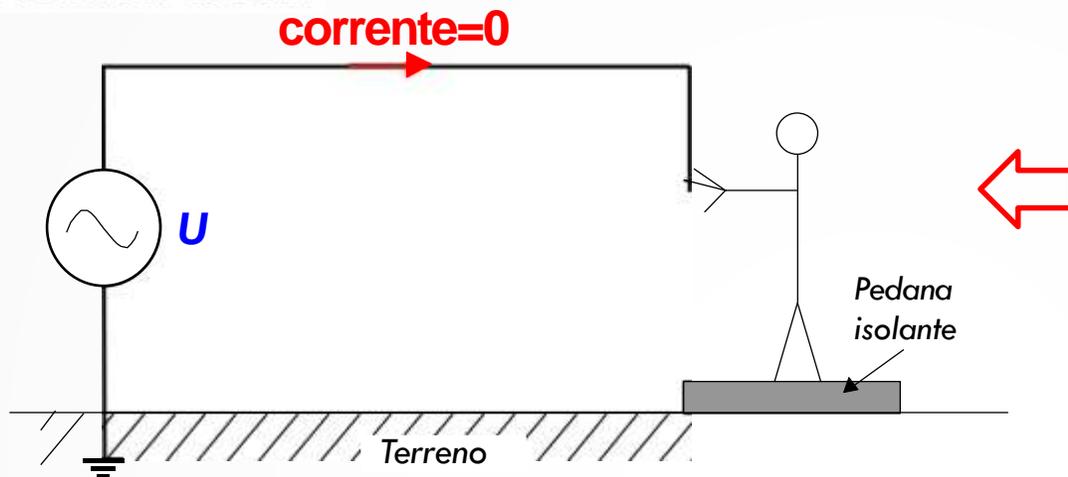
Conferme al fatto che il contatto con un unico punto in tensione non comporta pericoli si trovano nell'osservazione degli uccelli che si posano sui fili di alta tensione con sicurezza e senza effetti patologici

La conoscenza delle correnti di spostamento è importante in alcuni casi speciali.

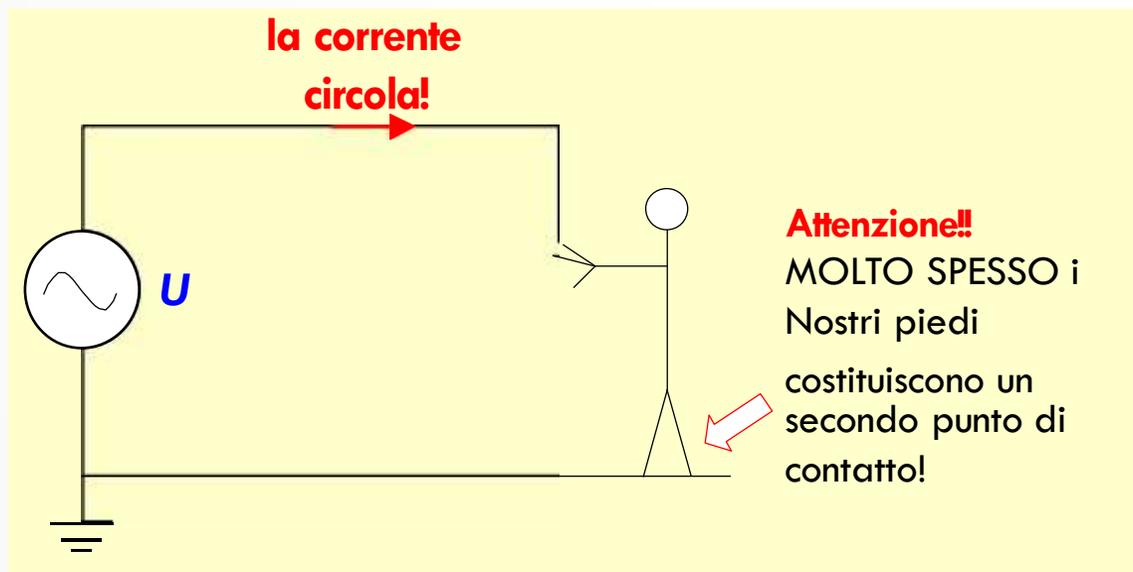
Ad esempio un filo di panni stesi lungo una linea ferroviaria a 25 kV AC può raggiungere tensioni pericolose e toccandolo può circolare corrente nel corpo anche se non sussiste un circuito metallico di ritorno della corrente, per effetto delle correnti di spostamento.



## CASO 2 - IL CIRCUITO CHE COMPRENDE L'UOMO



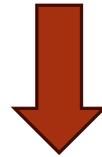
Se il contatto è solo in un punto (mani) la corrente non può circolare



Un caso molto frequente di pericolo è dovuto al contatto mano-piedi o mani-piedi

Contatti mano-mano e altri tipi di contatto sono ovviamente considerati nella predisposizione delle normative di sicurezza

Quando avviene un **CONTATTO ELETTRICO**, sia esso **diretto** o **indiretto**, la persona coinvolta tocca parti a tensione differente tra loro, con il conseguente passaggio di corrente attraverso il proprio corpo, che si comporta come una “resistenza”.



La **RESISTENZA DEL CORPO UMANO**, compresa la resistenza di contatto tra i piedi e il terreno, dipende da molti fattori (*in particolare dall'umidità della pelle: la pelle bagnata facilita il passaggio della corrente*) e, per la quasi totalità della popolazione (95%), per una tensione di **220V**, ha un valore non superiore a **2.125 Ω**.





# OIBA

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari



Pertanto, considerando il corpo umano come una resistenza, per la “**LEGGE DI OHM**” con tali valori si avrebbe una corrente circolante pari a:

$$I = V / R = 220 \text{ V} / 2125 \text{ } \Omega \cong 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

La “**resistenza elettrica**” **R** della pelle

**AUMENTA** (corrente diminuisce)

- durante un intensa concentrazione mentale;
- in presenza di parti indurite (ad es. calli, duroni, ecc.).

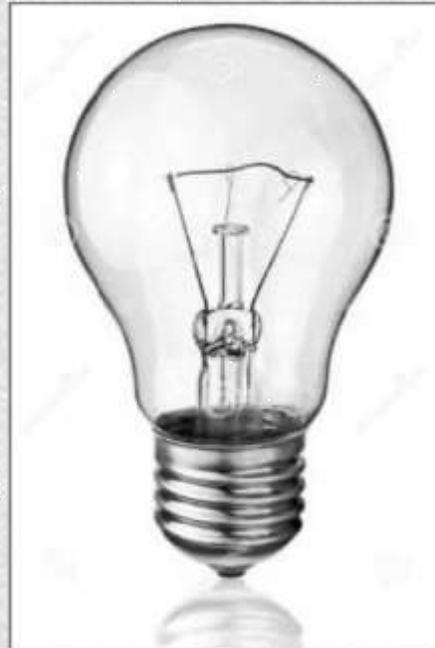
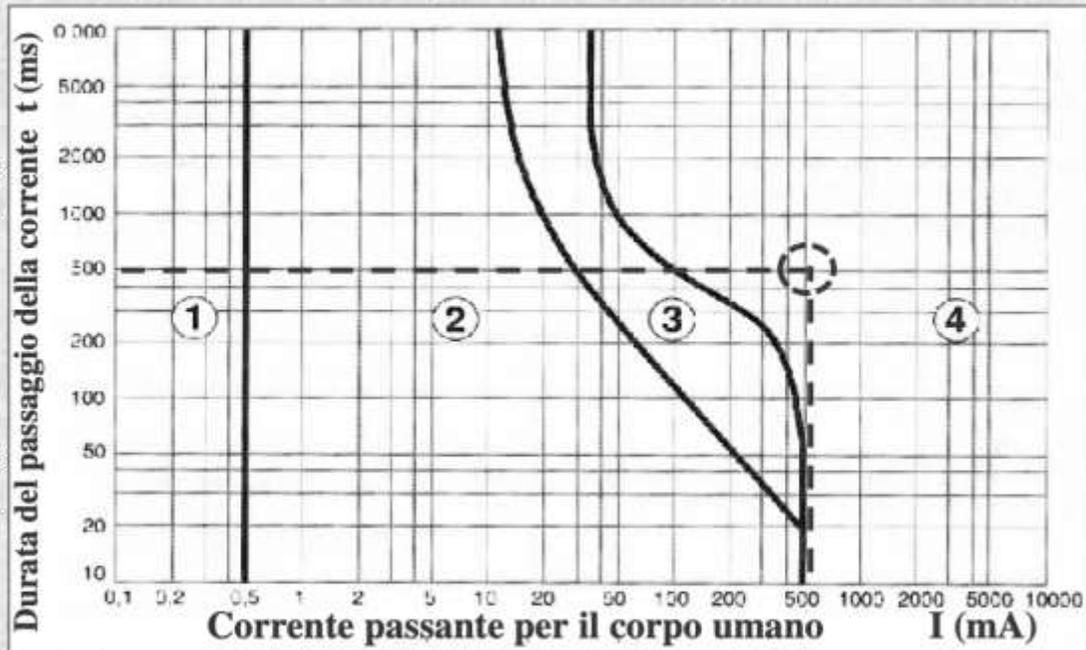
**DIMINUISCE** (corrente aumenta)

- se è umida o sudata;
- se il contatto avviene in un punto in cui la pelle è tagliata o ferita;
- se la superficie di contatto col conduttore in tensione aumenta.

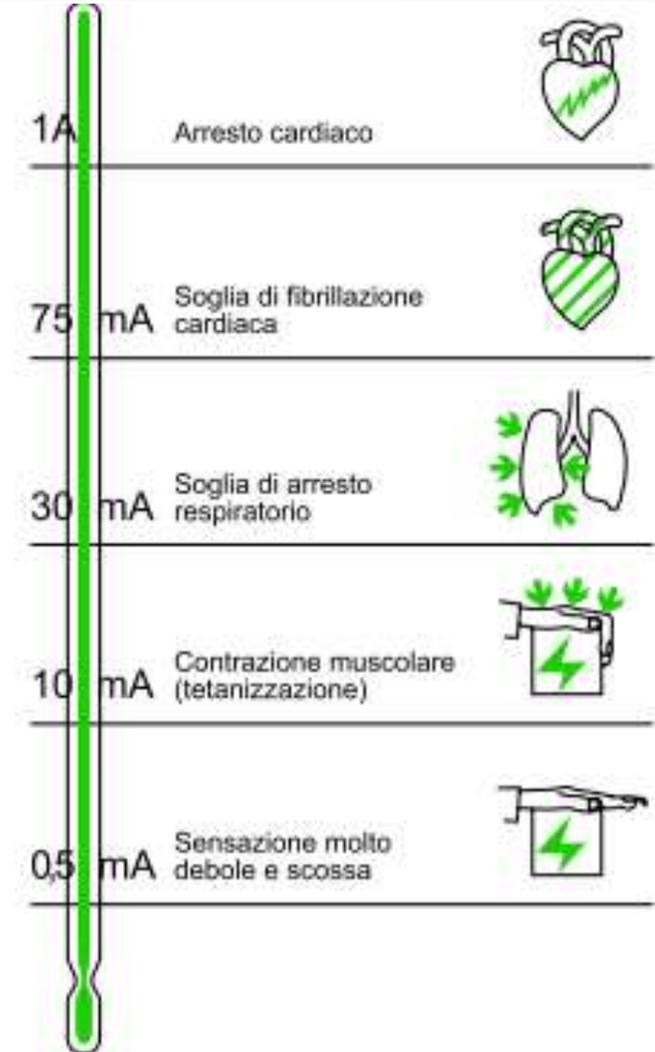




Notiamo come una corrente di **500 mA** (ovvero la corrente assorbita da una lampadina di 100 W) circolante attraverso il corpo umano per **500 ms** (mezzo secondo) o più, possa provocare la fibrillazione ventricolare.



- 1 - nessun effetto percepibile;
- 2 - si percepisce la corrente ma senza alcun effetto fisiologico dannoso;
- 3 - si possono manifestare effetti fisiologici (contrazioni muscolari) ma non mortali;
- 4 - grave pericolo di morte.



## ...in conclusione la gravità degli effetti dipende da:

- intensità  $I$  della corrente,
- durata  $t$  del contatto,
- natura della corrente (continua/alternata),
- frequenza  $f$ ,
- sesso del soggetto,
- stato di salute generale,
- percorso della corrente nel corpo

### LA CORRENTE CONTINUA È NORMALMENTE MENO PERICOLOSA DELLA CORRENTE ALTERNATA:

infatti il valore di corrente continua ritenuto potenzialmente in grado di innescare il fenomeno della fibrillazione ventricolare è circa 3 VOLTE più elevato di quello corrispondente in corrente alternata.

### ...MA...

«La corrente continua provoca l'elettrolisi del sangue, producendo un danno irreversibile al corpo umano ed alterando gli equilibri biologici.. dunque a parità di tensione sicuramente potrebbe essere considerata più pericolosa la corrente continua»

## MA COSA CAMBIA IN UN IMPIANTO FV

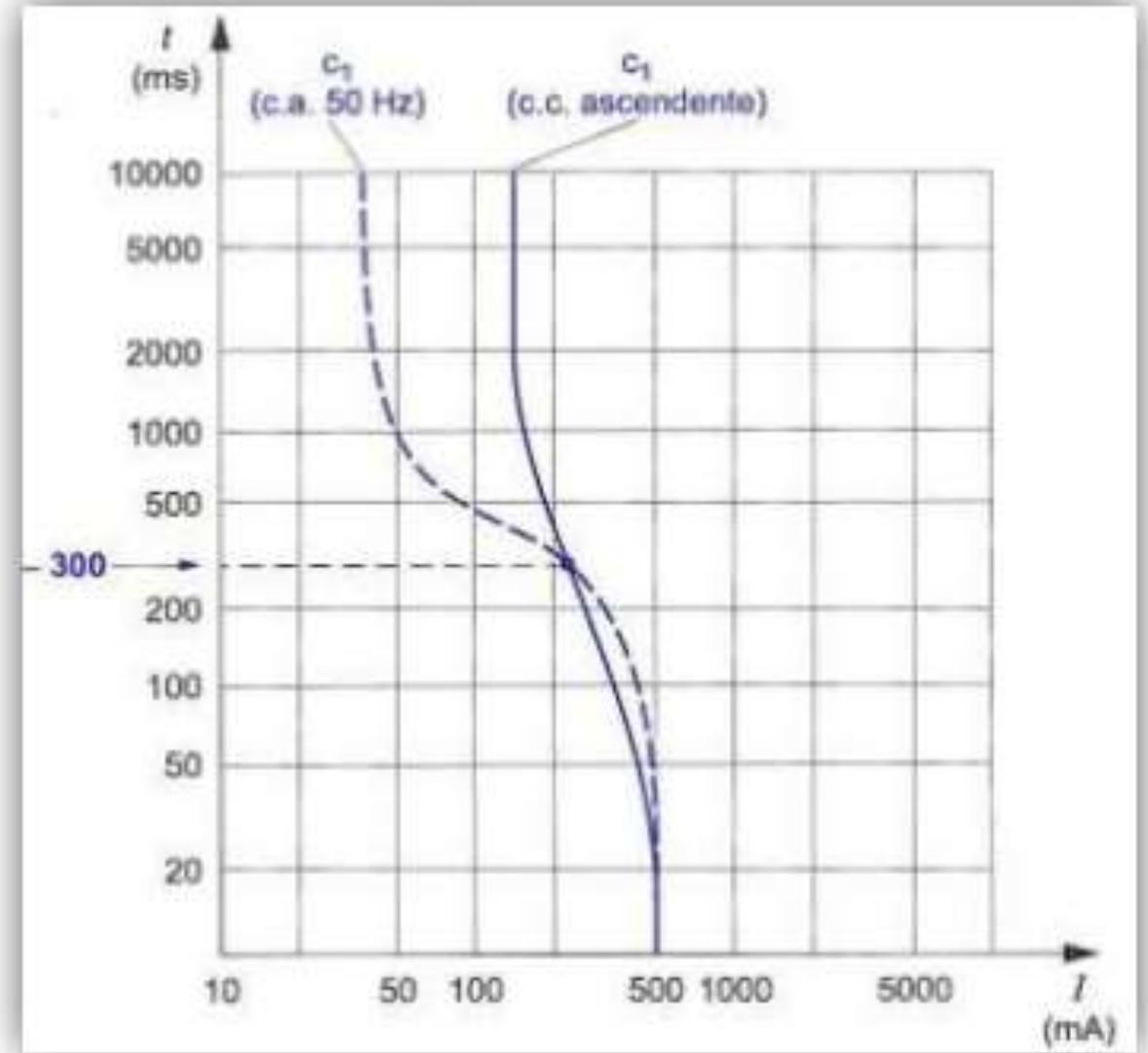
Un impianto fotovoltaico presenta due differenze sostanziali rispetto un norma impianto elettrico che sono:

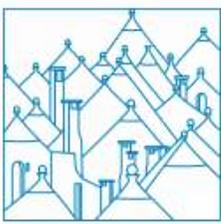
- È in corrente continua 600V o maggiore;
- Non è possibile mettere fuori tensione il generatore di giorno.  
(per questo vanno considerati “sotto tensione” i lavori di costruzione, ispezione e manutenzione del campo fotovoltaico)



# Sicurezza negli impianti fotovoltaici

come già detto....nel complesso la **corrente continua** è meno pericolosa della **corrente alternata** e gli impianti fotovoltaici possono risultare più o meno sicuri in funzione della tensione; del sistema di sicurezza previsto dall'inverter; dal collegamento a terra o meno di un punto del sistema.





## I PRINCIPALI RISCHI DI NATURA ELETTRICA IN UN IMPIANTO FV

- Scosse elettriche o elettrocuzione da conduttori sotto tensione
- Guasti da arco elettrico (arc faults) che provocano scintille (e quindi incendi)
- Lampi d'arco (arc flash), che invece possono provocare esplosioni

## Scosse elettriche o elettrocuzione da conduttori sotto tensione

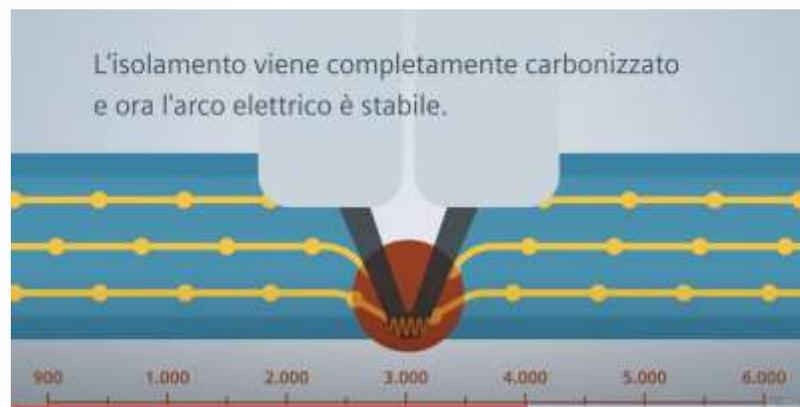
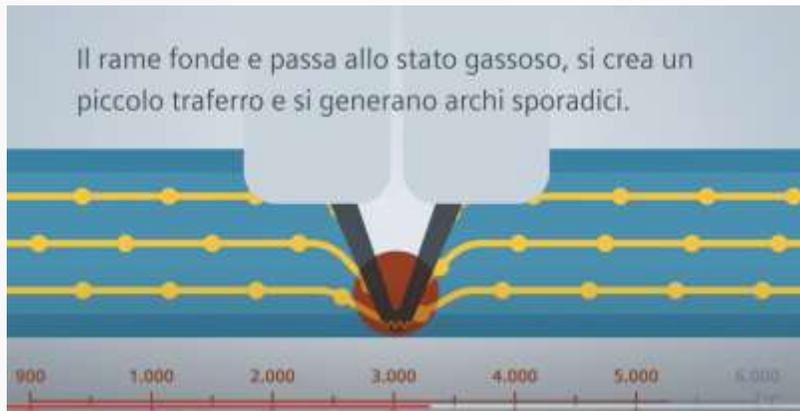
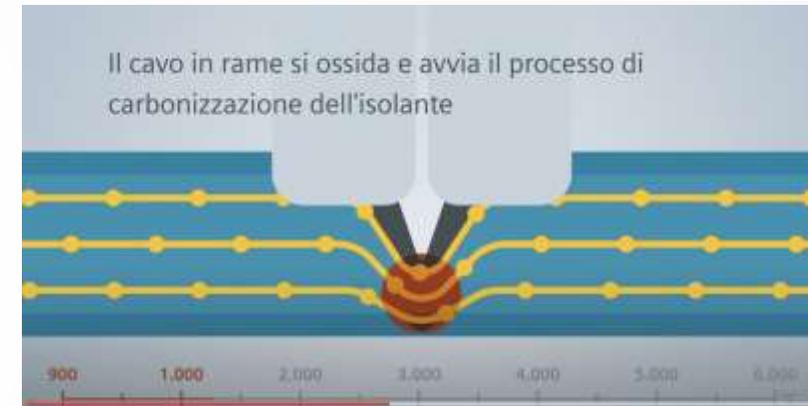
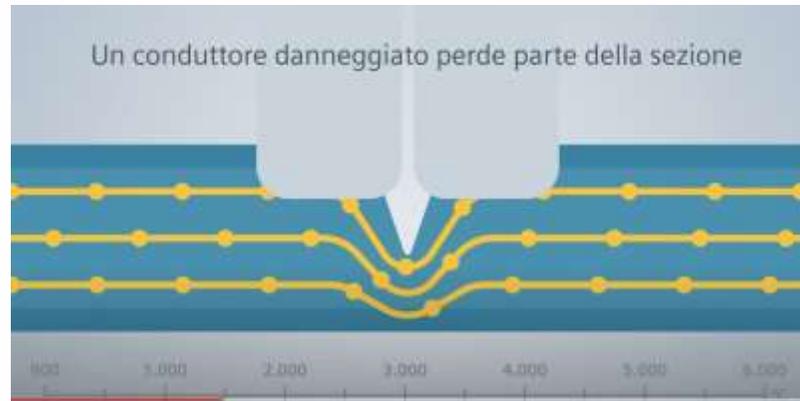
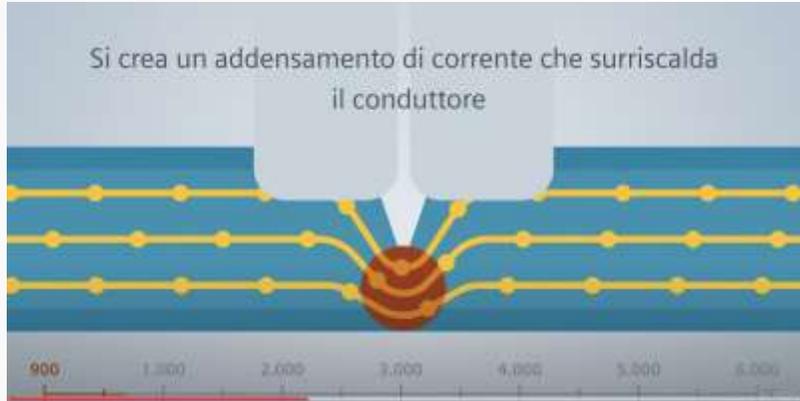
- ▶ Le scosse elettriche (o elettrocuzione) provocate da conduttori sotto tensione possono verificarsi quando una corrente segue un percorso imprevisto e attraversa un corpo umano: si possono avere effetti letali a partire da una corrente di soli 50 milliampere (mA) che colpisce il cuore.
- ▶ Le scosse elettriche sono tipicamente causate da ***un isolamento difettoso dei cavi e dei cablaggi, da un isolamento danneggiato dei rivestimenti di sicurezza o da una messa a terra inadatta.***

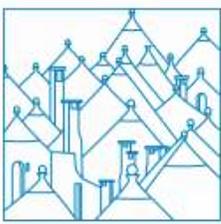
In un impianto fotovoltaico, condizioni del tipo appena descritto si verificano principalmente in:

1. scatole di giunzione
2. nei conduttori di messa a terra dell'apparecchiatura
3. nella sorgente fotovoltaica
4. nei conduttori del circuito di uscita

# ARCO ELETTRICO

I guasti da arco elettrico che innescano incendi sono scariche elettriche ad alta potenza che si verificano tra due o più conduttori: queste scariche generano calore che può provocare il deterioramento, se non addirittura la combustione dell'isolamento del cablaggio.





Gli impianti fotovoltaici sono particolarmente vulnerabili nei confronti di questo fenomeno, ***provocato da una interruzione della continuità dei conduttori o da una corrente imprevista tra due conduttori, spesso a causa di un guasto di messa a terra.***



## LAMPO D'ARCO

Il lampo d'arco è un fenomeno che interessa generatori fotovoltaici di grandi dimensioni con livelli di tensione medio-alta.

Il lampo d'arco, fenomeno che si è manifestato solo nel momento in cui è stata avviata la realizzazione di impianti di produzione di energia fotovoltaica di grandi dimensioni, è diventato un problema per i sistemi operanti in DC, ragion per cui l'analisi dei rischi deve ora essere effettuata su sistemi in DC con tensioni superiori a 120 V.

Il problema è particolarmente rilevante quando il controllo dei guasti deve essere effettuato nelle scatole di giunzione, dove i circuiti della sorgente fotovoltaica vengono utilizzati in parallelo per aumentare la corrente, oppure quando si effettuano controlli su quadri elettrici di media e alta tensione o trasformatori. **Il lampo d'arco si verifica in presenza di livelli significativi di energia disponibili generati da un guasto da arco che si verifica nei conduttori in alternata (AC) e continua (DC).**



**OIBA**  
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari

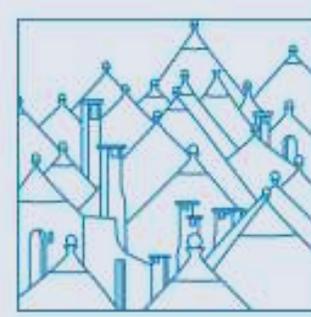
## LAMPO D'ARCO

Il lampo emette gas caldi ed energia radiante con temperature che possono aggirarsi intorno ai 19.500°C

**Le configurazioni più a rischio sono gli inverter per impianti residenziali con tensione di ingresso fino a 500V e gli inverter per impianti di grandi dimensioni con tensione fino a 1500V.**

È essenziale, pertanto, utilizzare uno strumento di misura, già solo per la manutenzione ordinaria, che sia conforme alla categoria di sovratensione adeguata e in grado di supportare i livelli di tensioni previsti dall'applicazione.

Ciò permetterà allo strumento di gestire livelli di tensione medi, nonché transitori e sovratensioni capaci di produrre scosse elettriche o causare un lampo d'arco.



**OIBA**  
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari

**LA MANUTENZIONE NEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI  
LA SICUREZZA E LA BUONA PRASSI**

**BARI, 31 MAGGIO 2024**

**THANKS FOR YOUR ATTENTION**

**VALUTAZIONE DEI RISCHI NELLA MANUTENZIONE DEGLI  
IMPIANTI FOTOVOLTAICI - RISCHIO ELETTRICO**

**ing. Gianluca GIAGNI**

Consigliere segretario OIBA  
Coordinatore commissione sicurezza