

Opuscolo per i lavoratori

**Il rischio elettrico
nel settore terziario**

INAIL

Collana per la Prevenzione

Questa pubblicazione è stata realizzata dall'Ing. Giusto Tamigio
della Direzione Regionale Lombardia dell'INAIL.

Hanno collaborato:

Francesco Alias
Roberta Menga
Claudio Zanin
DIREZIONE REGIONALE LOMBARDIA

Barbara Manfredi
DIREZIONE CENTRALE PREVENZIONE

Per informazioni:
INAIL- Direzione Centrale Prevenzione
00144 Roma – Piazzale Giulio Pastore, 6
Tel. 06/54872055 – Fax 06/54872075

ISBN 88-7484-019-5

Edizione 1999

Questa pubblicazione viene diffusa gratuitamente dall'INAIL. Ne è vietata la vendita.

Questo opuscolo, destinato ai lavoratori, contiene alcune informazioni e suggerimenti per una corretta gestione e utilizzazione degli impianti e degli apparecchi elettrici normalmente presenti negli ambienti di lavoro adibiti ad attività del terziario. Non sono contemplate tuttavia le problematiche relative ad ambienti particolari (locali a uso medico, ambienti a maggior rischio in caso di incendio, ecc.).

Per coloro che, in conseguenza della particolare funzione svolta (addetti al Servizio di Prevenzione e Protezione), hanno necessità di approfondire qualche aspetto della sicurezza elettrica, è stato ritenuto utile evidenziare alcuni argomenti fornendo anche semplici indicazioni sulle principali disposizioni legislative e le norme tecniche applicabili al settore.

Indice

Dati sugli infortuni di origine elettrica	pag. 7
Impianti e utilizzatori elettrici	11
- <i>Gli impianti</i>	11
- <i>Gli utilizzatori</i>	12
Disposizioni legislative e norme riguardanti il settore elettrico	13
- <i>Le leggi</i>	13
- <i>Le norme tecniche</i>	14
- <i>Alcune tra le principali norme CEI</i>	15
Pericolosità della corrente elettrica	16
Incendi	17
Elettrocuzione	19
Effetti della circolazione della corrente elettrica nel corpo umano	20
Lo schema elettrico del corpo umano	21
I percorsi più pericolosi	24
La curva di sicurezza	25
La messa a terra	27
- <i>Elementi costitutivi principali di un impianto di terra</i>	27
L'interruttore differenziale	29
Protezione contro i contatti diretti	30
- <i>Isolamento</i>	30
- <i>Involucri e barriere</i>	30
- <i>Ostacoli e distanziamenti</i>	31
- <i>Protezione addizionale mediante l'uso di interruttori differenziali</i>	31

Protezione contro i contatti indiretti	32
- <i>Protezione con interruzione automatica del circuito</i>	32
- <i>Protezione senza interruzione automatica del circuito</i>	35
La legge n. 46 del 5/3/1990	36
Norme di comportamento per una corretta gestione e fruizione degli impianti e utilizzatori elettrici	37
Alcune indicazioni per un primo intervento in caso di incidente	42
Bibliografia essenziale	43

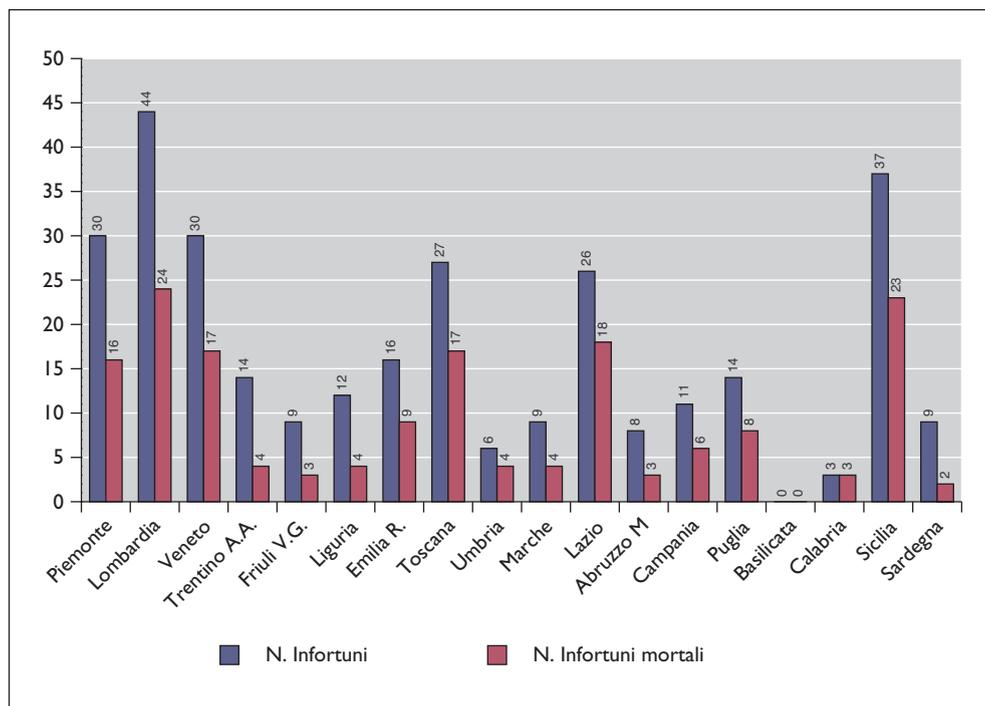
Dati sugli infortuni di origine elettrica

Gli infortuni dovuti a cause elettriche negli ambienti di vita e di lavoro costituiscono ancora oggi un fenomeno piuttosto rilevante. Per poter effettuare un'analisi a livello territoriale e per tipo di componente elettrico, vengono riportati i dati di uno studio dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità.

Questi dati sono stati ricavati attraverso una sistematica raccolta di notizie di infortuni da folgorazione su quotidiani nazionali e testate locali nel biennio 1994-95. Le cifre comprendono, oltre agli infortuni sul lavoro, anche quelli verificatisi in altri ambienti di vita (ad es. tra le mura domestiche). Per il tipo di fonte utilizzata, che non registra in modo esaustivo i casi verificatisi e soprattutto quelli con conseguenze lievi, questi dati non rappresentano in maniera completa la dimensione del fenomeno e ne consentono un'analisi solamente qualitativa. In tale studio gli infortuni mortali registrati sono stati 165, di cui 89 relativi al 1994 e 76 all'anno successivo.

Una fonte più specifica sui dati relativi agli infortuni sul lavoro mortali dovuti alle scariche elettriche è costituita dai dati INAIL, che riportano, per il 1995, 31 infortuni mortali, di cui 26 nei settori industriale e terziario e 5 nell'agricoltura. Nello stesso anno gli infortuni denunciati all'INAIL (con conseguenze superiori ai tre giorni) dovuti a scariche elettriche sono stati circa 600.

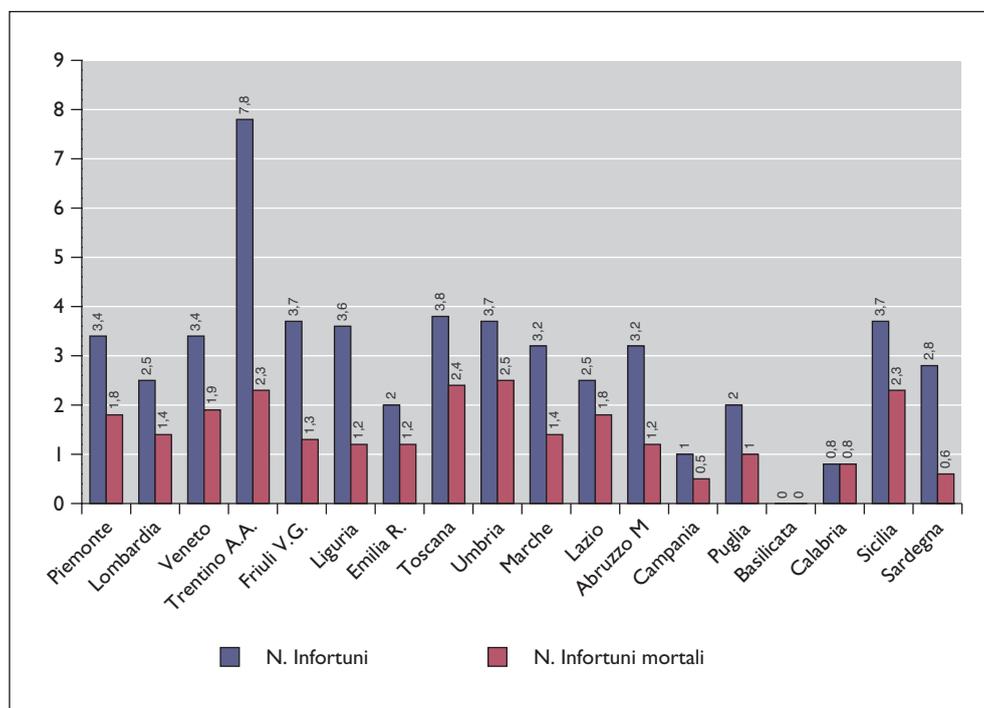
Numero annuo di infortuni da folgorazione per regione (periodo 1994-95)



Fonte dei dati: "TUTTONORMEL – Guida all'applicazione delle norme nel settore elettrico" febbraio 97

Per comprendere l'effettiva incidenza degli infortuni da folgorazione elettrica nelle diverse regioni italiane, è utile esaminare il numero medio annuo degli infortuni per milione di residenti. Si noti come, per alcune regioni che presentano un elevato numero di infortuni, l'indice medio di infortuni per milione di residenti sia relativamente contenuto.

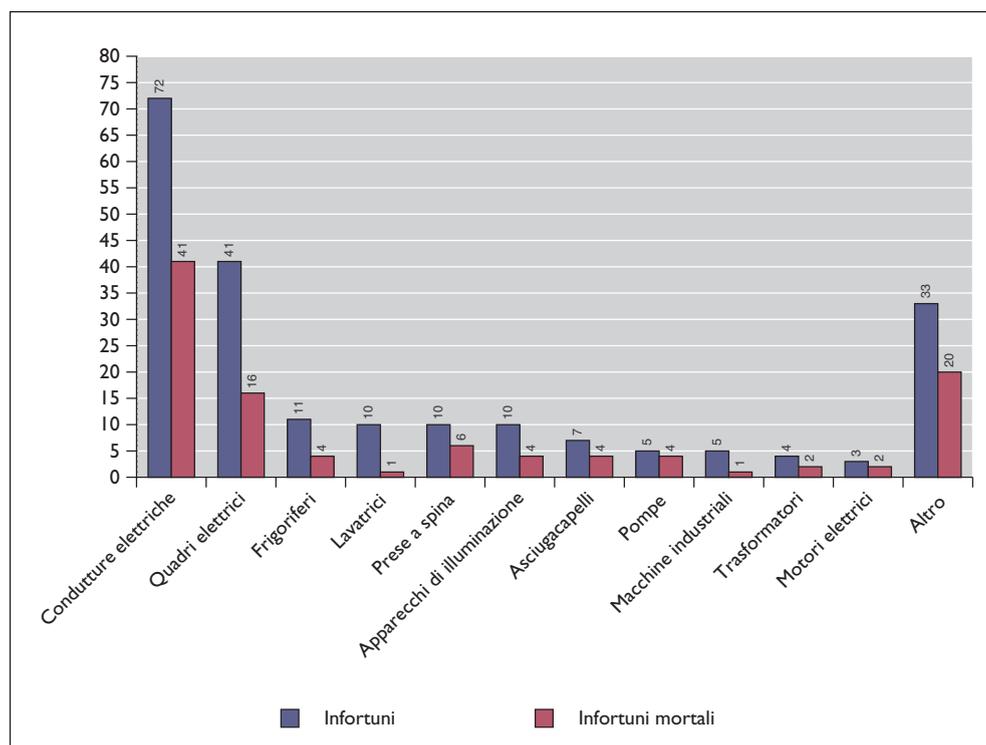
Indice medio annuo di infortuni da folgorazione per milione di residenti (periodo 1994-95)



Fonte dei dati: "TUTTONORMEL – Guida all'applicazione delle norme nel settore elettrico" febbraio 97

Risulta di particolare interesse il grafico seguente, che mette in evidenza quali sono i componenti elettrici maggiormente responsabili di infortuni. E' interessante notare, dal tipo di componente elettrico coinvolto, come un notevole numero di infortuni avvenga nell'ambiente domestico. Il totale degli infortuni in questo grafico è inferiore rispetto a quelli precedenti perché non sono riportati gli infortuni dovuti alle linee elettriche aeree esterne.

Distribuzione degli infortuni da folgorazione in base al componente elettrico (periodo 1994-95)



Fonte dei dati: "TUTTONORMEL – Guida all'applicazione delle norme nel settore elettrico" febbraio 97

Impianti e utilizzatori elettrici

E' opportuno, per una migliore comprensione di quanto successivamente illustrato, chiarire bene la differenza tra **impianti elettrici** e **utilizzatori elettrici**.

Gli impianti

Si definisce **impianto elettrico**, l'insieme di componenti (cavi, canalizzazioni, apparecchiature di manovra, apparecchiature di protezione, quadri elettrici, prese a spina, ecc.) compresi tra il punto di fornitura dell'energia (ad es. contatore, cabina elettrica) e il punto di utilizzazione.

Parlando di impianti elettrici non si possono non richiamare alcune grandezze fisiche quali:

- la **Tensione elettrica**, che si misura in volt-[V]. Nei nostri uffici o nelle nostre case la tensione, normalmente, assume il valore di 220/230V.
- la **Corrente elettrica**, che si misura in ampere-[A]. Per esempio una lampada da 100 watt, assorbe una corrente di circa 0,5A.
- la **Resistenza elettrica**, che si misura in ohm-[Ω]. Dipende dal materiale, dalla lunghezza e dalla sezione del conduttore.

Per meglio comprendere il significato delle grandezze elettriche sopra citate è utile fare un paragone con l'idraulica. Immaginiamo che due serbatoi siano posti ad altezze diverse e collegati da una condotta e che il serbatoio posto più in alto contenga acqua. Per effetto della differenza di quota, l'acqua fluisce dal serbatoio superiore verso quello inferiore. La tensione elettrica equivale alla differenza di quota tra i due serbatoi. La corrente elettrica corrisponde al flusso d'acqua nella condotta. La resistenza elettrica equivale alla resistenza (attrito) che la condotta oppone al flusso dell'acqua. Quindi, così come la differenza di quota fa fluire l'acqua tra i due serbatoi, la tensione elettrica fa circolare la corrente in un circuito chiuso.

In relazione ai valori di tensione elettrica, si definiscono:

- **sistemi di categoria 0**, i sistemi con tensione [V] ≤ 50 V in corrente alternata e ≤ 120 V in corrente continua
- **sistemi di I categoria**, i sistemi con tensione [V] > 50 V e ≤ 1000 V in corrente alternata e > 120 V e ≤ 1500 V in corrente continua.

Il D.P.R. 547/55 fissa il limite tra bassa e alta tensione a 400 V in corrente alternata e 600 V in corrente continua.

Gli utilizzatori

Si definiscono **utilizzatori elettrici** le apparecchiature che utilizzano l'energia elettrica per produrre lavoro, calore, luce, come pure le apparecchiature informatiche, le apparecchiature per le telecomunicazioni, ecc.

Disposizioni legislative e norme riguardanti il settore elettrico

Le leggi



Tra le innumerevoli disposizioni legislative e circolari riguardanti il settore elettrico, sono particolarmente importanti:

-  *DPR n. 547/1955 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.*
-  *Legge n. 186/1968 - Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.*
-  *Legge n. 46/1990 - Norme per la sicurezza degli impianti.*
-  *DPR n. 447/91 - Regolamento di attuazione della legge n.46 del 5/3/1990.*

Le norme tecniche



Le norme di buona tecnica valide per il settore elettrico sono:

- Le Norme **CEI** (CEI sta per Comitato Elettrotecnico Italiano).
- Le Norme **CENELEC** (CENELEC è l'omologo in campo europeo del CEI).
- Le Norme **IEC** (l'IEC è l'ente normatore a livello extraeuropeo).

Alcune tra le principali norme CEI



LA NORMA CEI 64-8

Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c.



LA NORMA CEI 11-8

Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.
Impianti di messa a terra



LA NORMA CEI 64-2/64-2/A

Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione



LA NORMA CEI 81-1 E 81-4

Protezione delle strutture contro i fulmini

Anche per gli **utilizzatori elettrici** sono vigenti specifiche **Norme CEI**.

La costruzione a **“regola d'arte”** degli utilizzatori elettrici può essere certificata da:

- **Marchiatura CE;**
- **Marchio IMQ**, (IMQ è l'Istituto Italiano del marchio di Qualità) o marchio di altri Enti certificatori;
- **Dichiarazione del costruttore.**

Pericolosità della corrente elettrica

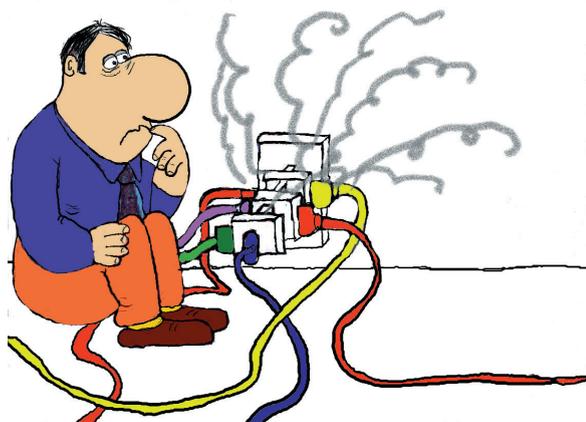


I grafici riportati nel paragrafo “Dati sugli infortuni di origine elettrica” evidenziano quanto siano numerosi gli infortuni, anche mortali, attribuibili agli impianti o agli utilizzatori elettrici.

La pericolosità di un’anomala circolazione di corrente elettrica è dovuta fondamentalmente:

- alle conseguenze derivanti dalla circolazione di corrente nel corpo umano, a causa del contatto fisico tra persona e parti sotto tensione elettrica (**elettrocuzione** detta anche **folgorazione**);
- alla possibilità di innescare **incendi**.

Incendi



Gli incendi possono essere provocati da eccessivo riscaldamento a causa di:

- un corto circuito;
- un sovraccarico;

entrambi non interrotti tempestivamente.

Il **corto circuito** rappresenta una condizione di guasto che, a causa dell'elevatissimo valore di corrente elettrica in circolazione, può comportare il raggiungimento di temperature molto elevate (migliaia di °C) nei circuiti e il formarsi di archi elettrici. L'arco elettrico è sostanzialmente una scarica elettrica che avviene in un mezzo non conduttore (ad es. nell'aria) a causa dello stabilirsi di un'elevata tensione elettrica tra due punti. Esso si manifesta con un evidentissimo fenomeno luminoso dovuto alla scarica elettrica, talvolta accompagnato da un forte rumore. Il fulmine è l'esempio a noi tutti noto di un arco elettrico di proporzioni enormi tra una nuvola e la terra.

Il **sovraccarico** è una condizione anomala di funzionamento, in conseguenza del quale i circuiti elettrici sono percorsi da una corrente superiore rispetto a quella per la quale sono stati correttamente dimensionati. La non tempestiva interruzione di questa "sovracorrente" può dare luogo all'eccessivo riscaldamento dei cavi o di altri componenti dell'impianto elettrico.

Entrambe le situazioni sopraddette, specialmente in ambienti con forte presenza di materiali combustibili, possono costituire causa di incendio.

In generale, e in particolare in tali ambienti, è pertanto necessario prevedere, in sede di progettazione dell'impianto elettrico, idonei dispositivi per l'eliminazione tempestiva dei corto circuiti e dei sovraccarichi (interruttori automatici magnetotermici).

Elettrocuzione



Una persona può essere attraversata da corrente elettrica a seguito di un:

- contatto **diretto**
- contatto **indiretto**

Il **contatto diretto** è il contatto tra la persona e parti di impianto elettrico o di utilizzatore elettrico che sono in tensione in condizioni di ordinario funzionamento.

Il **contatto indiretto** è il contatto tra la persona e parti conduttrici di impianto elettrico o di utilizzatore elettrico che non sono ordinariamente in tensione, ma vanno in tensione a causa di un guasto (ad es. la carcassa di un elettrodomestico per un difetto di isolamento).

Il contatto indiretto, proprio perché è un contatto con parti normalmente non in tensione, coglie l'individuo più impreparato e quindi può risultare più pericoloso.

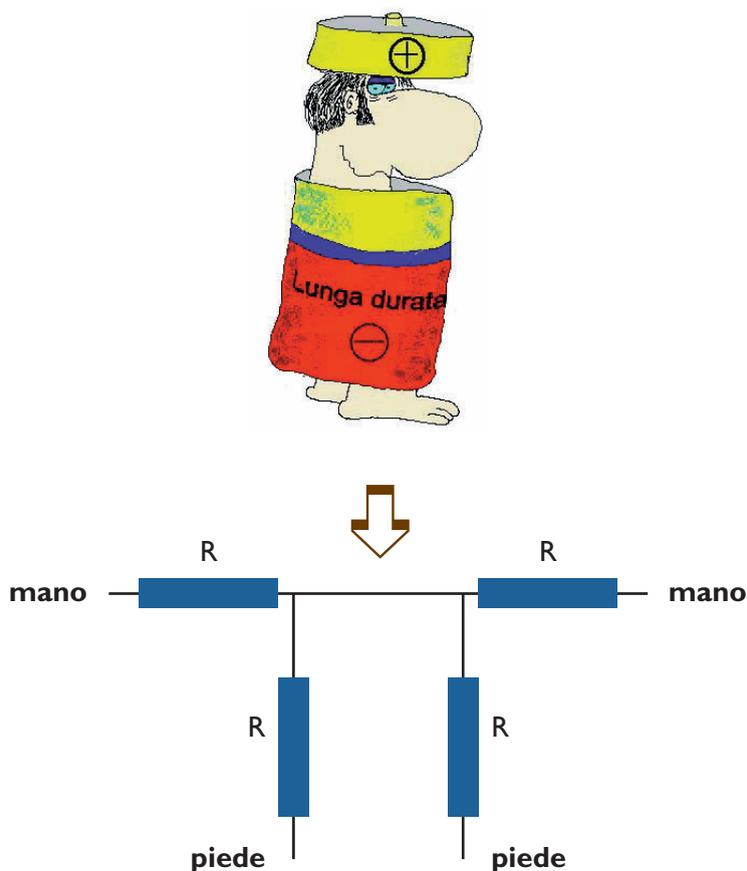
Effetti della circolazione della corrente elettrica nel corpo umano

Gli effetti della circolazione della corrente elettrica nel corpo umano, sono in ordine crescente di pericolosità per le conseguenze sulla persona:

- **Scossa lieve**, spiacevole sensazione accompagnata al passaggio di corrente.
- **Ustioni**, dovute agli effetti termici (sviluppo di calore) provocati dal passaggio di corrente nei tessuti o da archi provocati da scariche elettriche prodotte da apparecchiature sotto tensione (soprattutto se alimentate in alta tensione). Le ustioni possono provocare: distruzione dei tessuti superficiali e di quelli profondi, con possibile danneggiamento di interi arti (braccia, spalle, arti inferiori, ecc.), rotture delle arterie con conseguenti emorragie, distruzione dei centri nervosi, ecc.
- **Tetanizzazione**, blocco della muscolatura (per es. della mano) che non consente di abbandonare la presa.
- **Arresto respiratorio**, causato dalla contrazione dei muscoli addetti alla respirazione o dalla lesione del centro nervoso che presiede a tale funzione.
- **Alterazioni cardiache**. La fibrillazione ventricolare è la principale causa di morte, in quanto la corrente elettrica proveniente dall'esterno altera la normale attività elettrica del muscolo cardiaco. Le sue fibre cominciano a contrarsi disordinatamente e indipendentemente l'una dall'altra cosicché il cuore non funge più da pompa sanguigna. Il passaggio di corrente elettrica può causare anche altre alterazioni cardiache: la fibrillazione atriale (dispnea, cardiopalmo, ansietà), l'insufficienza coronarica acuta e l'infarto del miocardio, forme di tachicardia e sindromi ipertensive.

Oltre agli effetti sopracitati, è importante tenere presente che la corrente elettrica può avere sul corpo umano effetti secondari a livello del sistema nervoso, cardiovascolare, uditivo, visivo, ecc., nonché provocare infortuni spesso molto gravi in modo indiretto, come nel caso delle cadute dall'alto a seguito di una scossa elettrica o, come già detto, delle lesioni causate da incendi di origine elettrica.

Lo schema elettrico del corpo umano



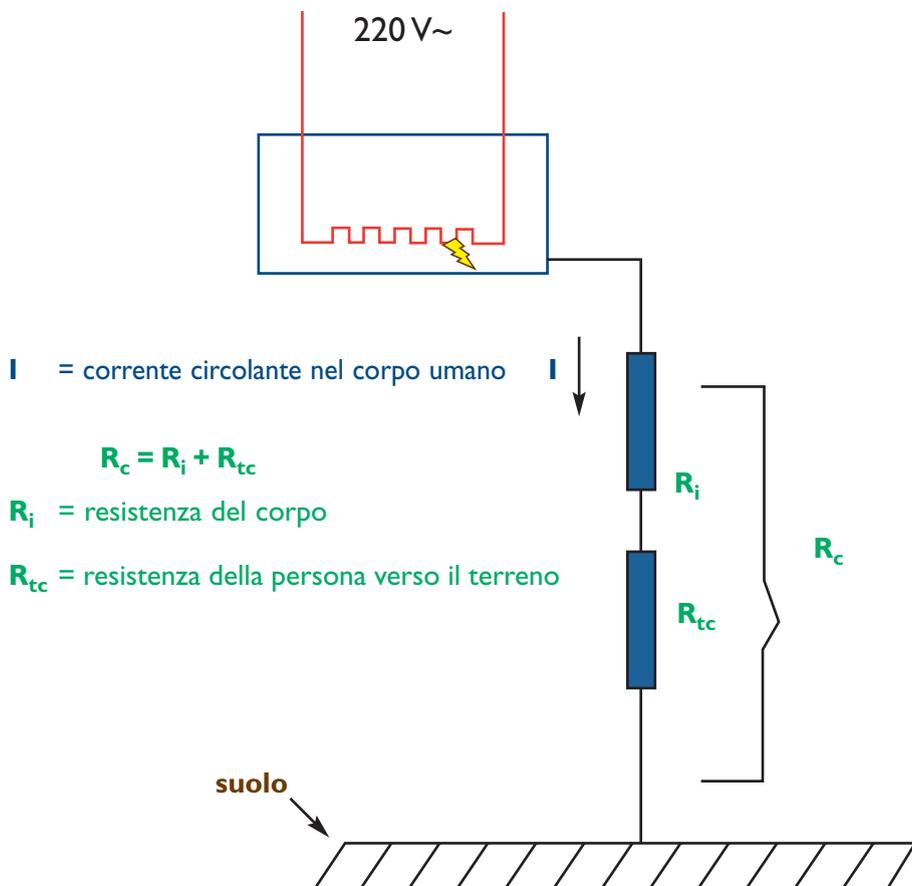
La figura sopraripotata costituisce sostanzialmente lo schema elettrico equivalente del corpo umano.

Gli effetti del passaggio di corrente elettrica nel corpo possono infatti essere spiegati considerando che il corpo umano si comporta, quando è attraversato dalla corrente, come una resistenza elettrica R_c , data dalla formula $R_c = R_i + R_{tc}$, dove :

R_i rappresenta la resistenza del corpo e

R_{tc} rappresenta la resistenza della persona verso il terreno.

La figura seguente fornisce un'ulteriore schematizzazione del corpo umano. In particolare essa rappresenta una persona che viene in contatto con la carcassa di un utilizzatore (ad es. un elettrodomestico) durante un guasto. La corrente I attraversa la persona e fluisce verso il suolo incontrando una resistenza R_c pari alla somma della resistenza del corpo (R_i) e della resistenza della persona verso il terreno (R_{tc}).



La resistenza R_i è caratteristica del singolo individuo, dipende dall'età, dal sesso, dalle condizioni fisiologiche, dalle condizioni ambientali, ecc.

La resistenza elettrica della pelle di una persona aumenta:

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

La resistenza elettrica della pelle diminuisce:

- se è umida o sudata,
- se il contatto avviene in un punto in cui la pelle è tagliata o ferita.

Gli apparecchi e utensili portatili, che normalmente sono saldamente sorretti dall'operatore durante l'uso, possono esporre con maggiore probabilità al pericolo di elettrocuzione, in quanto la resistenza elettrica della pelle diminuisce con l'aumentare della superficie di contatto, della forza con cui l'apparecchio viene impugnato (pressione di contatto) e della durata del contatto.

Per una tensione di 220V, il **95%** della popolazione presenta una resistenza R_i , superiore a **500 Ω** (percorso mani-piedi, in condizioni asciutte).

La resistenza R_{tc} dipende fondamentalmente dalle caratteristiche di conducibilità elettrica del suolo. La tabella seguente riporta i valori di resistenza per alcuni tipi di pavimento.

TIPO DI PAVIMENTO	VALORE MEDIO DI RESISTENZA A SECCO IN $k\Omega$ (1 $k\Omega$ =1000 ohm)
Ceramica	400
Marmo	600
Palchetto in legno	1400
Moquette	370
Cemento	200
Gres-ceramica	500

Per un contatto due mani-piedi, la resistenza R_{tc} vale circa **1000 Ω** in condizioni ordinarie (all'interno degli edifici), e circa **200 Ω** in condizioni particolari (all'aperto).

I percorsi più pericolosi

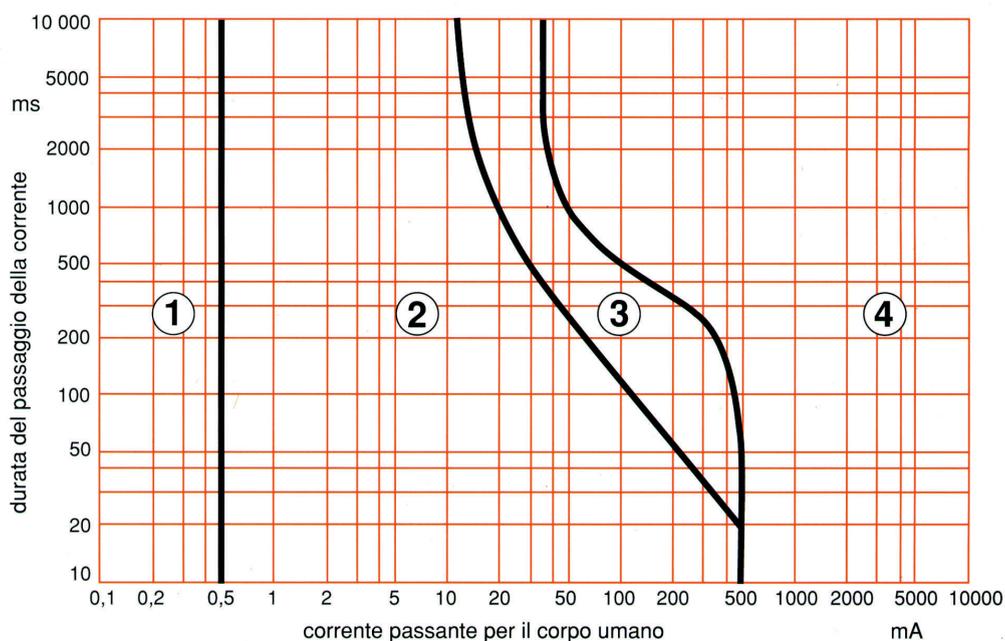
La pericolosità della corrente elettrica dipende anche dal percorso che la stessa segue nell'attraversare il corpo umano, in quanto a ciascun percorso corrisponde una diversa resistenza del corpo. Alcuni percorsi più comuni sono:

- **Mano/mani-piedi**, cioè la corrente entra nel corpo attraverso la/le mano/i e fluisce nel terreno attraverso i piedi. E' il percorso più comune.
- **Mano sx o dx-torace**. Questo percorso implica che il torace sia a contatto con un conduttore che è collegato a terra o che presenta una tensione diversa dal conduttore con cui è venuta a contatto la mano.
- **Mano sx-mano dx**. E' il percorso che si instaura quando la persona ha i piedi isolati da terra e viene in contatto attraverso le mani con parti a tensione diversa.

La corrente elettrica tende a seguire all'interno del corpo umano il percorso che presenta minore resistenza. La maggiore o minore pericolosità, a parità di condizioni, è dovuta all'interessamento di eventuali organi vitali. E' il caso del percorso mano-piede che con maggiore probabilità può provocare la fibrillazione ventricolare.

La pericolosità della corrente elettrica per il corpo umano dipende, oltre che dal percorso, dall'intensità, dal tempo di contatto e anche dalla particolare suscettibilità individuale all'azione della corrente.

La curva di sicurezza



Il diagramma, chiamato curva di sicurezza, riporta in orizzontale i valori della corrente espressi in **mA** (millesimi di ampere), in verticale il tempo di circolazione della corrente in **ms** (millesimi di secondo).

A ciascun punto del diagramma corrisponde un valore di corrente e un tempo di circolazione della stessa.

Tutti i punti che ricadono nella zona ① rappresentano situazioni in cui i valori della corrente e i tempi di circolazione non producono normalmente nessun effetto fisiologico.

Analogamente i punti che ricadono nella zona ② rappresentano situazioni in cui non si verificano effetti fisiologici mortali.

I punti ricadenti nella zona ③ rappresentano condizioni in cui è possibile la tetanizzazione ma non la fibrillazione ventricolare.

I punti appartenenti alla zona ④ rappresentano invece situazioni che possono provocare la fibrillazione ventricolare.

La curva dimostra come una corrente del valore di 500 mA (è la corrente assorbita da una lampadina da 100 watt) circolante attraverso il corpo umano per 500 ms (mezzo secondo) o più, possa provocare la fibrillazione ventricolare, si ricade infatti nella zona ④.

La messa a terra

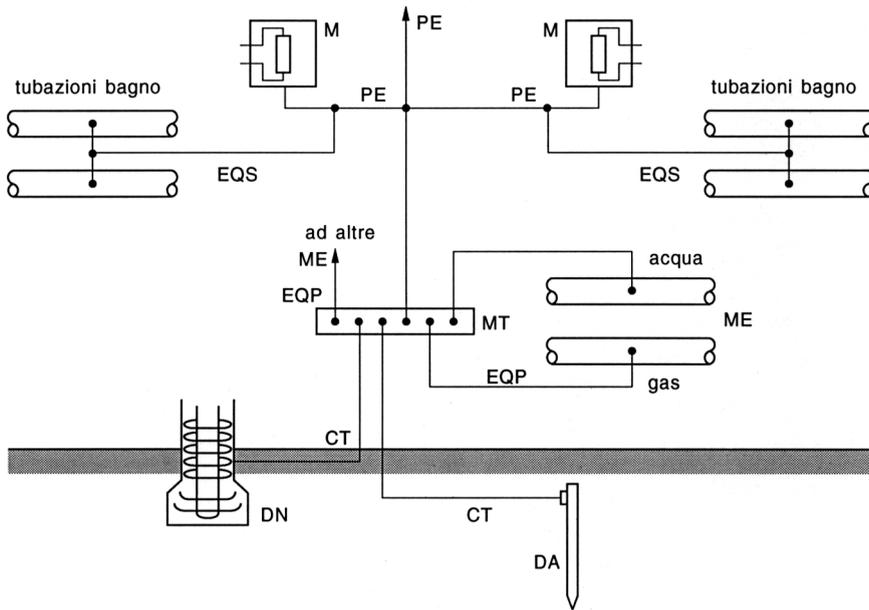
L' **impianto di terra** è l'insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali, destinato a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento di un impianto elettrico (vedi schema nella pagina seguente). L'impianto di terra realizza sostanzialmente un collegamento tra il terreno e le parti metalliche (**masse**) degli impianti o degli utilizzatori che possono andare in tensione nonché un collegamento tra queste e le masse che possono trasferire il potenziale elettrico (**masse estranee**).

La **resistenza di terra** è la resistenza tra il collettore (o nodo) principale di terra e la terra.

Elementi costitutivi principali di un impianto di terra

- conduttore di protezione
- collettore generale di terra
- conduttore di terra
- conduttore equipotenziale
- dispersore
- nodo equipotenziale.

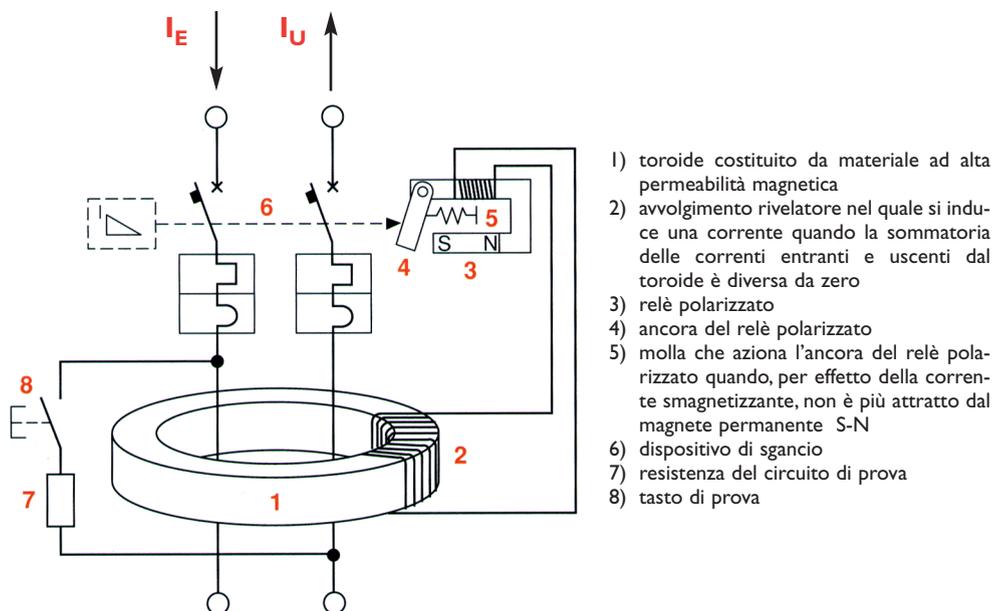
Schema di impianto di terra



DA = dispersore intenzionale	PE = conduttore di protezione
DN = dispersore di fatto	MT = collettore (nodo) principale di terra
CT = conduttore di terra	ME = massa estranea
EQP = conduttore equipotenziale principale	M = massa
EQS = conduttore equipotenziale principale	

L'impianto di terra, installato congiuntamente all'interruttore differenziale, ha fondamentalmente lo scopo di proteggere le persone dai contatti indiretti (vedi paragrafo "Protezione contro i contatti indiretti").

L'interruttore differenziale



- 1) toroide costituito da materiale ad alta permeabilità magnetica
- 2) avvolgimento rivelatore nel quale si induce una corrente quando la sommatoria delle correnti entranti e uscenti dal toroide è diversa da zero
- 3) relè polarizzato
- 4) ancora del relè polarizzato
- 5) molla che aziona l'ancora del relè polarizzato quando, per effetto della corrente smagnetizzante, non è più attratto dal magnete permanente S-N
- 6) dispositivo di sgancio
- 7) resistenza del circuito di prova
- 8) tasto di prova

L'interruttore differenziale è un interruttore che interviene automaticamente aprendo il circuito, e quindi interrompendo il flusso della corrente elettrica, quando si verifica una dispersione di corrente verso terra.

Il funzionamento dell'interruttore differenziale si basa sulla capacità dello stesso di verificare se i valori della corrente in ingresso (I_E) nel circuito protetto dall'interruttore e della corrente in uscita (I_U) sono uguali o diversi. In quest'ultimo caso è possibile che ci sia una dispersione verso terra. Per evitare tuttavia che l'intervento dell'interruttore differenziale si verifichi anche in presenza di minime differenze di corrente, l'interruttore viene progettato in modo da intervenire al di sopra di una certa differenza di corrente, chiamata corrente differenziale nominale dell'interruttore I_{dN} . Se la differenza tra le due correnti ($I_E - I_U$) è pari o superiore alla corrente differenziale nominale dell'interruttore I_{dN} , l'interruttore apre il circuito in tempi brevissimi. Comunemente gli interruttori differenziali presentano i seguenti valori di corrente differenziale nominale: 10 mA, 30 mA, 300 mA, 500 mA, 1 A. I valori più bassi di corrente differenziale corrispondono a sensibilità più alta dell'interruttore. Infatti gli interruttori con I_{dN} pari a 10 o 30 mA sono chiamati ad alta sensibilità. Gli interruttori con sensibilità più bassa vengono adoperati quando si vuole privilegiare la continuità del servizio cioè evitare il verificarsi di interruzioni intempestive dell'energia elettrica.

Protezione contro i contatti diretti

Le misure di protezione contro i contatti diretti hanno lo scopo di proteggere le persone dai pericoli derivanti dal contatto con parti attive, normalmente in tensione (ad es. contatto accidentale con la parte metallica - in tensione - del portalampada in occasione della sostituzione di una lampada a incandescenza, oppure riparazione di una apparecchiatura elettrica senza avere prima disalimentato l'impianto).

I sistemi previsti sono:

- **Isolamento**
- **Involucri e barriere**
- **Ostacoli e distanziamenti**
- **Protezione aggiuntiva mediante l'uso di interruttori differenziali.**

Isolamento

In questo caso le parti attive sono convenientemente isolate. L'isolante deve poter essere rimosso solo mediante distruzione e deve presentare sufficienti caratteristiche di resistenza alle sollecitazioni meccaniche, agli agenti chimici, termici, elettrici e atmosferici. Un tipico esempio è rappresentato dall'isolamento dei cavi elettrici, in cui il conduttore è rivestito da un materiale isolante e, in alcuni casi, da una successiva guaina di protezione.

Involucri e barriere

Gli **involucri** assicurano la protezione contro determinati agenti esterni e in ogni direzione contro i contatti diretti, le **barriere** assicurano la protezione contro i contatti diretti solo nella direzione abituale di accesso. Involucri e barriere, a differenza dell'isolamento, possono essere rimossi senza distruzione. Un esempio di involucro è la carcassa di un elettrodomestico, di una stampante, ecc. Un esempio

di barriera è la rete metallica (specchiatura) in corrispondenza dei cavalcavia ferroviari delle linee elettrificate. Gli involucri o le barriere devono presentare un grado di protezione antinfortunistico tale da impedire l'accesso con un dito. Le superfici superiori degli involucri e delle barriere orizzontali a portata di mano devono presentare un grado di protezione antinfortunistico tale da impedire l'accesso con un filo impugnato.

Ostacoli e distanziamenti

Questo tipo di protezione si realizza solo nei locali accessibili a persone addestrate (cabine, officine elettriche, ecc.); consiste nel predisporre ostacoli o distanziamenti atti a prevenire il contatto diretto involontario. Il contatto diretto intenzionale è possibile.

Protezione aggiuntiva mediante l'uso di interruttori differenziali

L'adozione di interruttori differenziali ad alta sensibilità, aventi cioè una corrente nominale differenziale $I_{dN} \leq 30 \text{ mA}$, costituisce una misura aggiuntiva di protezione contro i contatti diretti.

Protezione contro i contatti indiretti

Le misure di protezione contro i contatti indiretti hanno lo scopo di proteggere le persone dai pericoli derivanti dal contatto con **parti conduttrici facenti parte dell'impianto elettrico o di utilizzatori elettrici** (si chiamano *masse*) **normalmente isolate, ma che potrebbero andare in tensione a causa di guasti** (cedimento dell'isolamento).

I metodi di protezione sono classificati nel seguente modo:

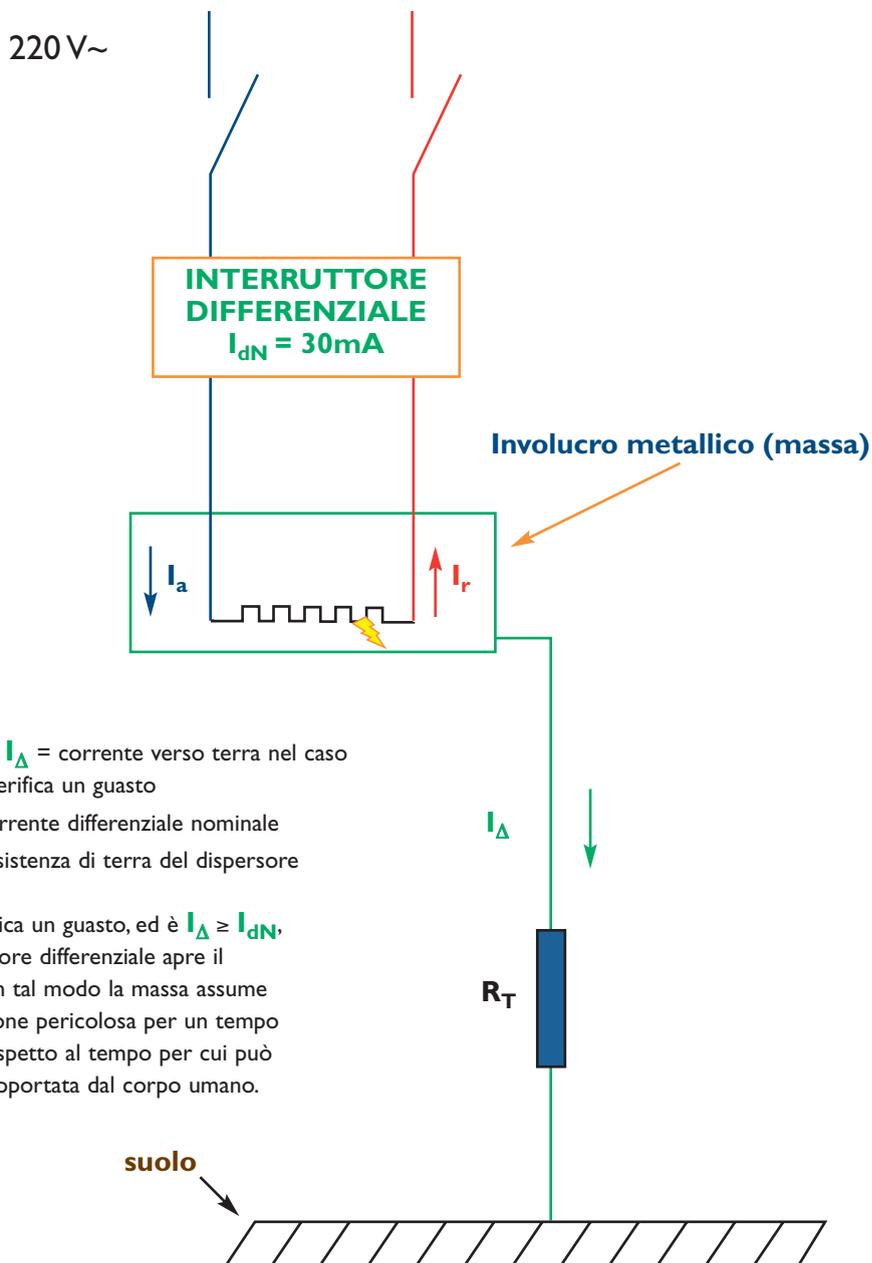
- **con interruzione automatica del circuito**
- **senza interruzione automatica del circuito**

Protezione con interruzione automatica del circuito

Nel caso in cui l'impianto elettrico è protetto da un interruttore differenziale coordinato con l'impianto di terra, il circuito viene automaticamente aperto prima del raggiungimento di situazioni pericolose.

Supponiamo di avere un utilizzatore elettrico avente un involucro metallico, regolarmente collegato a terra. A causa di un guasto l'involucro (massa), normalmente a tensione $V=0$, assume verso terra una tensione potenzialmente pericolosa in conseguenza della corrente dispersa verso terra I_{Δ} pari alla differenza tra la corrente entrante nel circuito I_a e quella uscente I_r .

Se la corrente $I_{\Delta} = I_a - I_r$ è maggiore o uguale alla corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale I_{dN} , l'interruttore apre il circuito in tempi brevissimi, in quanto esso è progettato in maniera tale da far sì che non si verifichino condizioni di funzionamento che vadano oltre la zona ② della curva di sicurezza. In tal modo l'involucro metallico (massa) può assumere una tensione pericolosa ma solo per un tempo minore rispetto a quello per cui può essere sopportata senza conseguenze dal corpo umano.



Nei sistemi alimentati in bassa tensione (TT), che sono quelli tipicamente presenti negli ambienti di lavoro del settore terziario, la protezione si realizza attraverso una corretta scelta dell'interruttore differenziale e un corretto dimensionamento dell'impianto di terra. Tali condizioni (*coordinamento tra interruttore differenziale e impianto di terra*) si verificano se è soddisfatta la seguente relazione:

$$R_A \leq \frac{50}{I_{dN}}$$

dove:

- R_A è la somma della resistenza di terra (R_T) del dispersore e dei conduttori di protezione collegati alle masse.
- I_{dN} è la corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale.
- 50V è la tensione che in condizioni ordinarie può essere sopportata senza conseguenze.

Se è verificata la relazione $R_A \leq 50/I_{dN}$, la tensione massima a cui una persona può essere sottoposta per un tempo indefinito, è pari a 50V; valori più alti di tensione persistono per un tempo minore rispetto al tempo di sopportabilità.

La seguente tabella consente di confrontare i valori massimi accettabili della resistenza di terra a seconda che la protezione venga realizzata mediante interruttori automatici o differenziali.

Interruttori Automatici	I_n (A)	10	16	20	25	32
	R_A (Ω)	1	0,6	0,5	0,4	0,3
Interruttori Differenziali	I_{dN} (A)	0,01	0,03	0,1	0,5	1
	R_A (Ω)	5000	1660	500	100	1

I_n è la corrente nominale dell'interruttore, cioè la corrente che l'interruttore può sopportare per un tempo indefinito continuando a funzionare regolarmente.

Si nota come adottando un interruttore differenziale, invece di un interruttore automatico, è possibile avere un impianto con una resistenza di terra R_A relativamente alta, che è più facile da realizzare e ha costi impiantistici inferiori.

E' importante precisare che negli ambienti in cui il rischio per le persone può essere maggiore (come ad es. nei locali a uso medico), è necessario soddisfare condizioni diverse di sicurezza

Protezione senza interruzione automatica del circuito

Un metodo per la protezione contro i contatti indiretti (ad es. in caso di cedimento dell'isolamento degli utilizzatori o dei componenti dell'impianto), consiste nell'impiegare componenti **a doppio isolamento**, detti anche componenti in classe II o a isolamento equivalente.

Questo tipo di protezione, diversamente dalla protezione realizzata con interruzione automatica del guasto, è una protezione di tipo passivo e consiste sostanzialmente nel dotare i componenti e gli apparecchi elettrici di un isolamento supplementare rispetto a quello normalmente previsto.

Per i sistemi alimentati a bassa tensione (I categoria), le norme consentono, infatti, di ottenere la protezione contro i contatti indiretti mediante l'impiego di componenti in classe II o a isolamento equivalente.

I componenti aventi tali caratteristiche **non devono** essere connessi a terra.

Tali componenti (utensili portatili, asciugacapelli, piccoli utilizzatori elettrici, parti di impianto, ecc.) devono portare il seguente contrassegno (simbolo del doppio isolamento):

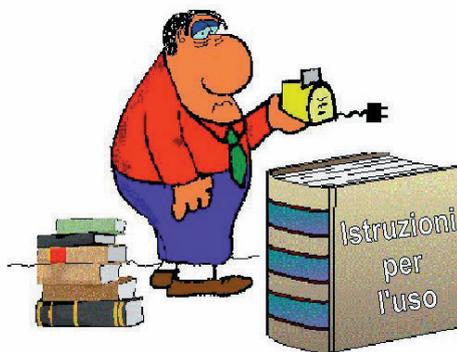


La legge n. 46 del 5/3/1990

La **legge n. 46/90** si applica, relativamente agli impianti elettrici, a tutti gli edifici, prevede delle sanzioni per chi non ottempera alle disposizioni della legge e **fissa l'obbligo di:**

- **REALIZZARE** gli impianti elettrici a regola d'arte;
- **EFFETTUARE** l'esecuzione (in alcuni casi e per gli impianti di particolare complessità) sulla base di un progetto;
- **ADEGUARE** gli impianti preesistenti all'entrata in vigore della legge;
- **FAR ESEGUIRE** i lavori relativi agli impianti elettrici solo da un installatore qualificato, in possesso di certificato attestante i requisiti tecnico-professionali;
- **RICHIEDERE** all'installatore il rilascio, a fine lavori, di una **“DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ”**.

Norme di comportamento per una corretta gestione e fruizione degli impianti e utilizzatori elettrici



- **ACCERTARSI** che l'apparecchio fornito sia dotato di certificazioni, omologazioni, garanzie, istruzioni d'uso



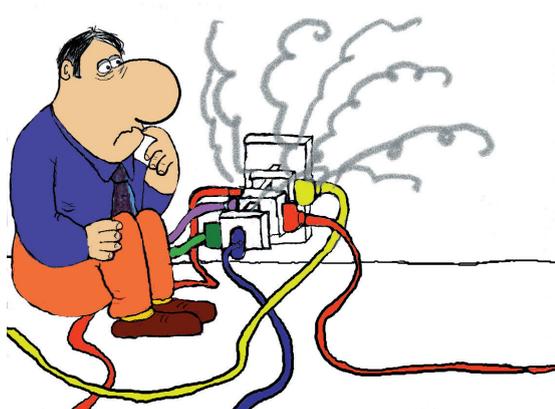
- **UTILIZZARE** l'apparecchio secondo le istruzioni



- **NON MANOMETTERE** gli apparecchi e/o gli impianti (qualsiasi lavoro deve essere affidato a ditta specializzata, come prescritto dalla Legge 46/90)
- **NON INTERVENIRE** mai in caso di guasto, improvvisandosi elettricisti e, in particolare, non intervenire sui quadri o sugli armadi elettrici
- **ACCERTARSI** dell'ubicazione del quadro elettrico che alimenta la zona presso cui si opera in modo da poter tempestivamente togliere tensione all'impianto in caso di necessità
- **NON COPRIRE** o nascondere con armadi o altre suppellettili i comandi e i quadri elettrici, per consentire la loro ispezione e un pronto intervento in caso di anomalie
- **FAR SOSTITUIRE** i cavi, le prese e le spine deteriorate rivolgendosi solo a installatori qualificati
- **ACCERTARSI** che i cavi di alimentazione degli apparecchi elettrici siano adeguatamente protetti contro le azioni meccaniche (passaggio di veicoli, oggetti taglienti, ecc.), le azioni termiche (sorgenti di calore) o le azioni chimiche (sostanze corrosive)
- **SEGNALARE** subito la presenza di eventuali cavi danneggiati e con parti conduttrici a vista
- **NON RIMUOVERE** mai le canalette di protezione dei cavi elettrici



- **ACCERTARSI** che sia stata tolta l'alimentazione elettrica prima di effettuare qualsiasi semplice operazione sugli impianti (anche la sostituzione di una lampadina) o sugli apparecchi
- **SEGNALARE** le parti di impianto o di utilizzatori logore o deteriorate, per una pronta riparazione o sostituzione
- **SEGNALARE** immediatamente eventuali difetti e/o anomalie nel funzionamento degli impianti e degli apparecchi
- **RICHIEDERE** il controllo di apparecchi in cui siano entrati liquidi o che abbiano subito urti meccanici fuori dalla norma, ad es. per caduta a terra accidentale
- **SEGNALARE** prontamente l'odore di gomma bruciata, la sensazione di pizzicorio a contatto con un utensile elettrico o una macchina, il crepitio all'interno di un apparecchio elettrico, per evitare possibili incidenti
- **COLLEGARE** l'apparecchio a una presa di corrente idonea 10A (alveoli della presa più piccoli) o 16A (alveoli della presa più grandi), in relazione alle dimensioni della spina (diametro degli spinotti)
- **NON TIRARE** il cavo di alimentazione per scollegare dalla presa un apparecchio elettrico, ma staccare la spina
- **ASSICURARSI** sempre che l'apparecchio sia disalimentato (previo azionamento dell'apposito interruttore), prima di staccare la spina



- **NON SOVRACCARICARE** le prese di corrente con troppi utilizzatori elettrici, utilizzando adattatori o spine multiple. Verificare sempre che l'intensità di corrente assorbita complessivamente dagli utilizzatori da collegare non superi i limiti della presa stessa
- **COLLEGARE** l'apparecchio alla presa più vicina evitando il più possibile l'uso di prolunghie
- **SVOLGERE** completamente il cavo di alimentazione, se si usano prolunghie tipo "avvolgicavo"
- **NON DEPOSITARE** nelle vicinanze degli apparecchi sostanze suscettibili di infiammarsi, non depositare sopra gli apparecchi contenitori ripieni di liquidi



- **NON ESPORRE** gli apparecchi a eccessivo irraggiamento oppure a fonti di calore
- **NON IMPEDIRE** la corretta ventilazione degli apparecchi
- **EVITARE** l'uso di stufe elettriche, poiché oltre che sovraccaricare gli impianti possono essere causa di incendio
- **NON TOCCARE** impianti e/o apparecchi se si hanno le mani o le scarpe bagnate
- **NON USARE** acqua per spegnere incendi di origine elettrica
- **RISPETTARE** la segnaletica di sicurezza e le rispettive disposizioni.

Alcune indicazioni per un primo intervento in caso di incidente

In caso di incidente è opportuno chiamare immediatamente i soccorsi medici e avvisare la squadra di primo soccorso. Poiché tuttavia in questo tipo di infortuni la tempestività dell'intervento è determinante, si ritiene opportuno riportare alcune indicazioni di base per intervenire in caso di incidente.

Se una persona rimane folgorata:

- provvedere immediatamente a togliere tensione all'impianto

Per separare l'infortunato dal contatto (nel caso di sistemi a bassa tensione - I categoria -):

- non operare mai a mani nude, ma utilizzare sempre qualche oggetto isolante come un'asta di plastica, un bastone di legno, ecc.

Se una persona ha riportato lesioni di grossa entità:

- coprire le zone ustionate con un panno pulito (sterile) e chiamare immediatamente i soccorsi medici.

Un primo intervento che spesso si rivela utile per il soccorso ai colpiti da corrente elettrica è la respirazione bocca a bocca e il massaggio cardiaco

Bibliografia essenziale

Dalle pubblicazioni sottoelencate sono stati tratti: esempi, grafici, tabelle e immagini riportate nell'opuscolo.

M. Baronio - G. Bellato - M. Montalbetti: Manuale degli impianti elettrici

Vito Carrescia: Fondamenti di sicurezza elettrica

Vincenzo Cataliotti: Impianti elettrici a media e bassa tensione

Alfredo Corvino: Impianti elettrici utilizzatori

Enzo Moro: Impianti elettrici a regola d'arte

INAIL: Pacchetto formativo per R.L.S ed addetti alla sicurezza, ex 626/94

INAIL: L'ambiente di lavoro igiene e sicurezza negli uffici, 1992

Norme CEI 64-8

Norme CEI 11-8

Norme CEI 64-2

Norme CEI 81-1 e 81-4

Politecnico di Torino - Dipartimento di Elettrotecnica: Rapporto sugli infortuni elettrici

Società B - Ticino: Pubblicazioni tecniche

Società Elettrocondutture: Pubblicazioni tecniche

TUTTONORMEL - Guida all'applicazione delle norme nel settore elettrico, fascicoli vari

Giusto Tamigio: Corso per tecnici della prevenzione, Monte San Giusto (MC), 1997

