

Protezione dalle cariche elettrostatiche in ambiente Atex

(indicazioni operative)

Dott. Fisico Giovanni Gavelli - Glob-Tek srls

www.glob-tek.it



Dott. Ing. Roberto Piccin – Eurocemis

www.eurocemis.it

euROCEmis
associazione tra professionisti



Marzo 2016

INTRODUZIONE	2
Criterio generale per la dissipazione delle cariche elettrostatiche	4
Collegamento di messa a terra	5
Operazioni di riempimento	5
MISURE DI PREVENZIONE CONSIGLIATE.....	9
Calzature dissipative e abbigliamento.....	9
Collegamento di messa a terra fusti e cisterne	10
Tubazioni impianti di aspirazioni.....	11
Collegamenti di messa a terra equipotenziale di strutture.....	12
Manichette per travasi	13
Movimentazione di fusti contenenti liquidi infiammabili	14
Gas inerti e aria compressa	14
Altri materiali non conduttori.....	15
Autori	16

INTRODUZIONE

Per scarica elettrostatica o ESD (acronimo di electrostatic discharge) ci si riferisce ad un improvviso trasferimento di carica statica tra oggetti a potenziale elettrico diverso a causa di uno sbilanciamento di elettroni sulla superficie dei materiali coinvolti. Ogni materiale è composto da atomi i quali possiedono due tipi di cariche : gli elettroni e i protoni. Gli elettroni sono liberi di muoversi con più o meno facilità a seconda delle caratteristiche del materiale stesso. Se un atomo guadagna o perde elettroni si dice che si sia caricato negativamente o positivamente cioè possiede un numero maggiore, o minore , di elettroni attorno al nucleo. La capacità di perdere o acquistare elettroni da parte di un materiale dipende dalle caratteristiche elettriche del materiale stesso. I materiali si possono dividere in tre grandi categorie:

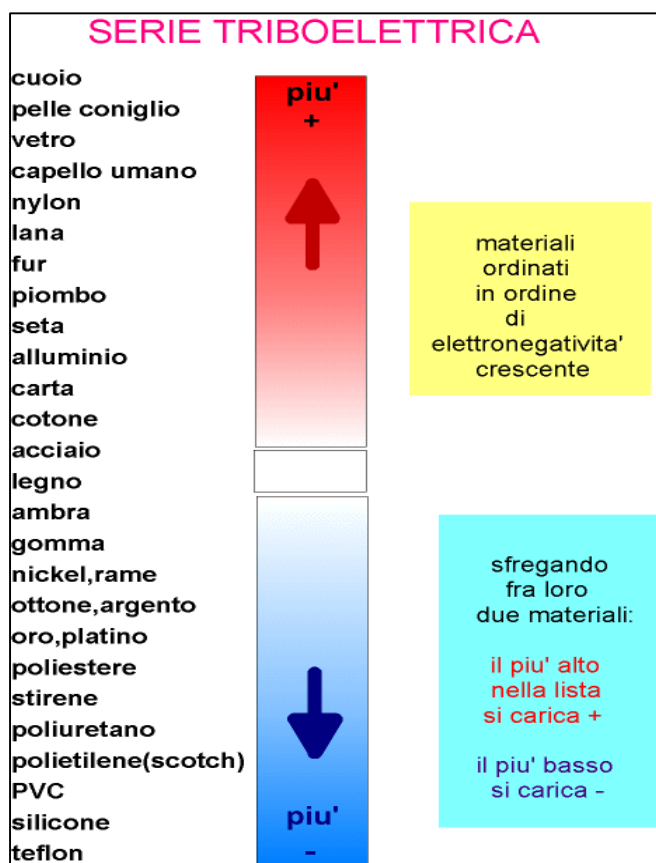
- Isolanti o materiali non conduttivi : presentano un valore di resistenza superficiale è maggiore di $1 \cdot 10^{12}$ Ohm e sono soggetti ad un grande accumulo di carica.
- Conduttori o conduttivi : permettono agli elettroni di fluire facilmente attraverso la loro superficie
- Materiali statico dissipativi : sono un compromesso tra i due precedenti infatti la resistenza superficiale di questi è minore di quella degli isolanti, ma è maggiore di quella dei conduttivi. Il fluire degli elettroni attraverso la loro superficie o al loro volume è controllato dalla resistenza stessa del materiale

Il trasferimento di cariche da un materiale ad un altro avviene in tre modi:

- per contatto e separazione
- per sfregamento (detto anche caricamento triboelettrico)
- per induzione elettrica.

Il primo può avvenire tramite il contatto tra solido e solido, liquido e liquido o tra una combinazione di questi. La quantità di cariche che migrano da un materiale all'altro dipende dalla velocità di separazione, dalla resistività superficiale del materiale e anche da altri fattori (tra i quali l'umidità relativa dell'area di contatto). In particolare in presenza di basse velocità di separazione e/o basse resistenze superficiali otterremo un numero maggiore di cariche neutralizzate, per cui è inferiore il numero di cariche che permane in uno dei due materiali.

La triboelettricità avviene per sfregamento tra materiali. Lo sfregamento di una superficie isolante con un'altra conduttiva o isolante comporta un trasferimento di parecchi ordini di grandezza superiore a quello conseguente ad un semplice contatto. In figura 1 è riportata la serie triboelettrica dei materiali la quale stabilisce che i materiali che trovano posto nella parte alta della figura si caricano positivamente a contatto con quelli posti nella parte bassa.



Esistono sei principali tipi di scarica:

1. scintille: sono scariche che avvengono tra due conduttori e sono determinate da un canale di scarica che trasporta una corrente ad alta intensità;
2. effetto corona: l'effetto corona è un fenomeno che si sviluppa su bordi o punti affilati di conduttori. La densità di energia interessata è molto bassa e tipicamente l'effetto corona non produce l'innesco di un'esplosione;
3. scariche a fiocco: queste scariche avvengono quando conduttori di forma arrotondata e messi a terra vengono in contatto con isolanti elettrizzati. Le scariche a fiocco possono innescare esplosioni;
4. scariche propagantesi a fiocco: esse avvengono tra fogli di materiale ad alta resistività e alta rigidità dielettriche. I fogli si trovano ad avere un'elevata densità di carica e polarità opposta, la scarica è attivata da un collegamento elettrico tra le superfici;
5. scariche simili a fulmini: queste scariche avvengono all'interno di nubi a polvere. Esse avvengono nei silos avente diametro maggiore di tre metri;
6. scariche coniche: anche queste scariche avvengono all'interno di silos in presenza di polveri non conduttive altamente elettrizzate e in punti ben definiti. Sono molto pericolose specie in presenza di miscele con energia di innesco bassa.

Criterio generale per la dissipazione delle cariche elettrostatiche

Le resistenze dei percorsi elettrici devono essere sufficientemente basse per permettere il decadimento della carica immagazzinata e prevenirne il deposito. Il deposito della carica elettrostatica su un conduttore genera un potenziale che chiamiamo V. Il valore massimo ammesso della resistenza R dipenderà dalla velocità con cui il conduttore sta ricevendo cariche, cioè la corrente I. Una scarica innescante si manifesta quando vengono soddisfatte entrambe queste condizioni :

- a) l'intensità del campo elettrico dovuta al potenziale del conduttore supera la rigidità dielettrica dell'atmosfera ;
- b) l'energia rilasciata nella scintilla supera l'energia minima di innesco di qualunque materiale infiammabile presente.

In sostanza per impedire le scariche innescanti è necessario che il conduttore non raggiunga un potenziale pericoloso. In quasi tutte le applicazioni industriali questo potenziale è 300 V. Utilizzando un coefficiente di sicurezza, quindi usando un potenziale di 100 V come limite per la dissipazione sicura dell'elettricità statica, si può calcolare il valore di R come :

$R = 100 / I$ dove R è espresso in Ohm e I in Ampere.

Dal momento che è noto che le correnti di carica variano da 10^{-11} A a 10^{-4} A, i valori corrispondenti di R sono 10^{13} Ω e 10^6 Ω .

E' però molto improbabile trovare applicazioni in cui I supera i 10^{-6} A e, conseguentemente, una R pari a 10^8 Ω è sufficientemente adeguata. I conduttori che hanno un buon contatto elettrico con la terra hanno una resistenza inferiore, e di molto, a 10^6 Ω (tipicamente un valore compreso tra 10 Ω e 100 Ω). Tuttavia la cosa importante è che tutti i collegamenti siano affidabili, permanenti e non soggetti ad usura.

I materiali solidi non conduttivi sono sempre più utilizzati in equipaggiamenti e strutture nonostante la loro pericolosità. L'utilizzo di questi materiali potrebbe infatti isolare elementi conduttivi che una volta caricati potrebbero originare scintille. Gli stessi materiali non conduttivi potrebbero originare pericolose scariche a fiocco, specialmente in presenza di numerosi generatori di carica. **L'uso di materiali non conduttivi necessita quindi di essere ristretto nelle aree pericolose.**

- Nelle zone 0 e zona 1 è possibile utilizzare materiali non conduttivi a patto che non vi siano meccanismi di accumulo di carica da generare potenziali pericolosi, sia in funzionamento normale che in cattivo funzionamento.
- Nella zona 2 l'uso di materiali non conduttivi è consentito a patto che la probabilità di avere meccanismi di accumulo di cariche pericolose sia bassa.

E' buona regola comunque ridurre l'uso di materiali non conduttivi in aree pericolose. Esistono in commercio molti materiali, una volta ritenuti non conduttivi (gomme o plastiche), che ora sono disponibili in varietà che sono dissipative.

Collegamento di messa a terra

Il metodo più efficace per evitare i pericoli dell'elettricità statica è sicuramente quello di collegare i conduttori tra loro e alla terra. Questo metodo consente di evitare il problema più comune ovvero l'accumulo di cariche nei conduttori. Negli ambienti industriali vi sono molti conduttori che se non collegati a terra potrebbero caricarsi a livelli pericolosi. Questi conduttori possono essere parti dell'impianto o dell'equipaggiamento come ad esempio tubi, recipienti, valvole, fusti ecc.

Operazioni di riempimento

Durante questa fase la carica può essere limitata limitando la velocità di flusso nella linea di alimentazione (limitazione portata o aumento diametro). Si deve assicurare che a valle dei filtri o pompe, che sono grandi generatori di carica, un tratto di calma adeguato per il tempo di rilassamento della carica. Evitare inoltre di avere una seconda fase non miscibile e l'immissione con spruzzi o getti dall'alto quando possibile.

Operazioni di rimescolamento e di agitazione

in queste operazioni la generazione delle cariche può essere ridotta regolando la potenza dell'agitatore e evitando la presenza di una seconda fase non miscibile nel liquido (evitare quando possibile).

Operazioni di pulizia con getti liquidi

La carica in questa fase è limitata riducendo la pressione del liquido uscente dagli e la potenza delle macchinette di lavaggio. E' da evitare la formazione di una seconda fase non miscibile nel liquido di lavaggio.

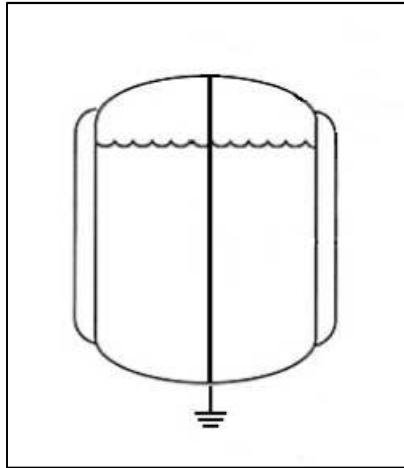
Riempimento di serbatoi

Le operazioni che possono dare origine a pericoli di elettricità statica nei serbatoi sono il riempimento, il trasporto e lo svuotamento. E' fondamentale in queste operazioni prendere dei provvedimenti affinché non avvengano scariche innescenti. Le principali precauzioni da prendere, a prescindere dalla conducibilità del liquido, sono:

- a) collegare alla terra il serbatoio e tutte le strutture ad esso associate, quali ad esempio tubi pompe, filtri, ecc.
- b) assicurarsi che le persone non possono assorbire cariche, eventualmente collegando gli operatori a terra con un braccialetto apposito o tramite l'utilizzo di scarpe dissipative;
- c) evitare il riempimento impetuoso con spruzzi usando un'entrata bassa o un tubo a contatto con il fondo;

- d) ispezionare il serbatoio per individuare oggetti metallici che potrebbero agire da conduttori isolati;

Per i liquidi a bassa conducibilità la velocità deve essere limitata ad un valore di sicurezza che dipende dalle dimensioni, dalla forma del serbatoio e dal metodo di riempimento. La forma più critica per i serbatoi è approssimativamente quella cubica e la dimensione più critica varia da 1 m³ e 5 m³. In questi serbatoi la presenza di un conduttore che corre verticalmente verso il centro riduce il potenziale massimo di un fattore circa doppio. Il conduttore centrale è di fondamentale importanza in questi tipi di serbatoi.



Nei serbatoi corti o allungati e di forma non cubica esso riveste minore efficacia. Per quanto riguarda la velocità non vi sono limitazioni se la conducibilità intrinseca è superiore a 50 pS/m (liquidi a media e alta conducibilità) anche se sia raccomandato un limite generale di 7 m/s. Per flussi bifase, ad esempio acqua sul fondo del serbatoio, la velocità di riempimento deve essere ridotta a 1 m/s. Per i liquidi di bassa conducibilità o conducibilità non nota si usa una formula che tiene conto di fattori come il diametro delle tubazioni, la lunghezza della linea di alimentazione e della presenza del conduttore centrale. La velocità comunque rimane compresa tra i due valori limiti descritti sopra.

Tubazioni per liquidi

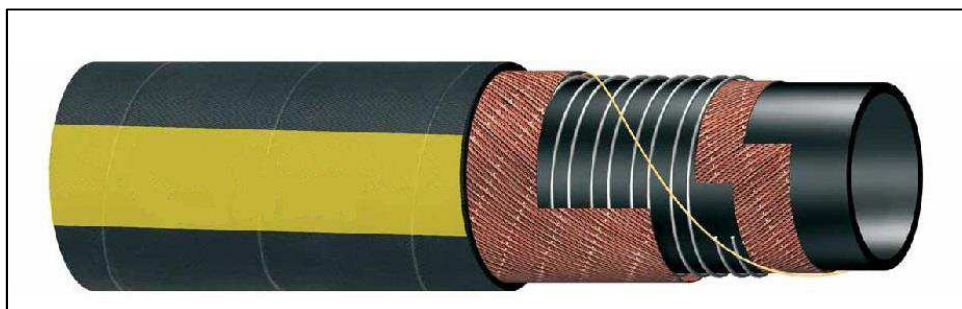
Quando un liquido scorre in un tubo, ha luogo la separazione delle cariche tra il liquido e la superficie interna del tubo. La quantità di carica che si produce dipende dalla resistività del materiale del tubo e dalla conducibilità del liquido. I tubi per il trasporto di liquidi si possono dividere in tre categorie : i tubi conduttivi, i tubi dissipativi ed infine quelli non conduttivi. Per quanto riguarda le prime due tipologie l'unica precauzione da prendere è quella di collegarli alla terra per evitare l'accumulo di carica elettrostatica. Le precauzioni da prendere riguardo i tubi non conduttivi sono più rigide a causa della loro pericolosità. Il flusso di liquidi a bassa conducibilità in tubi non conduttivi può provocare densità di carica superficiali molto elevate sulla superficie del tubo. L'elevato campo elettrico al di fuori del tubo potrebbe provocare scariche innescenti su oggetti metallici isolati posti in vicinanza a causa del caricamento per induzione elettrica. Per garantire la sicurezza all'interno del tubo questo deve essere riempito in modo permanente di liquido o reso inerte al fine di evitare la formazione di atmosfere infiammabili al suo interno . Una trattazione particolare meritano i tubi conduttivi con rivestimento non conduttivo. Quando questo

viene utilizzato per convogliare un liquido a bassa o media conducibilità, le cariche elettrostatiche potrebbero accumularsi sulla superficie interna del rivestimento e produrre scariche verso la parete conduttiva. La teoria indica che il potenziale sulla superficie di un rivestimento aumenta all'aumentare dello spessore dello stesso. E' quindi più probabile che si verificano scariche pericolose con rivestimenti più spessi piuttosto che con rivestimenti interni più sottili (come ad esempio i rivestimenti epossidici). L'uso di questi tubi è ammesso a condizione che i rivestimenti siano sottili, le parti conduttive siano messe a terra ed il tubo rimanga pieno di liquido durante tutte le operazioni. Nelle fasi di riempimento e svuotamento la velocità ammessa tra l'interfaccia liquido/aria deve rimanere inferiore a 1 m/s.

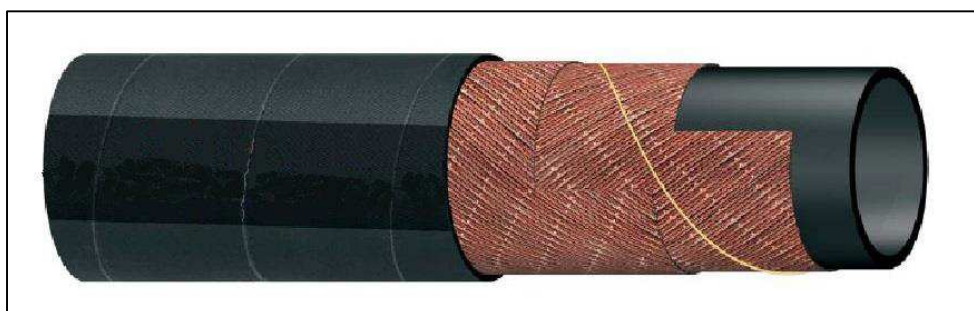
Manichette per liquidi

Sono disponibili tre tipi di manichetta per il trasferimento di liquidi infiammabili:

- a) **Manichetta conduttiva:** una manichetta conduttiva presenta una resistenza misurata da un'estremità all'altra inferiore a $10^3 \Omega/m$. Generalmente la manichetta è realizzata in materiale non conduttivo e la continuità elettrica viene fornita mediante fili di rinforzo o equipotenzialità collegati elettricamente ai raccordi. La rottura di dei cavi di collegamento può far sì che i terminali diventino isolati, si carichino elettricamente e generino scintille innescanti. La continuità elettrica di queste manichette deve essere controllata con regolarità.



- b) **Manichetta semi-conduttiva:** una manichetta semi-conduttiva ha una resistenza abbastanza elevata ma tale da dissipare le cariche elettrostatiche. Lo strato più esterno è realizzato in materiale dissipativo e fornisce una bassa resistenza quando è in contatto con i raccordi metallici all'estremità. La resistenza per unità di lunghezza deve rientrare nella gamma da $10^3 \Omega/m$ a $10^6 \Omega/m$. La continuità elettrica è intrinseca alla costruzione della manichetta e non è necessario controllare regolarmente la continuità elettrica.



- c) **Manichetta non conduttiva:** Questo tipo di manichetta è realizzata in materiale non conduttivo. Non incorpora cavi o trecce conduttive e quindi non è in grado di dissipare le cariche elettrostatiche. Le cariche che potrebbero accumularsi sulle parti conduttive isolate (raccordi metallici manichetta) possono facilmente produrre scariche innescanti.



MISURE DI PREVENZIONE CONSIGLIATE

Di seguito si riportano le misure di miglioramento consigliate.

Calzature dissipative e abbigliamento

Tutti gli addetti devono indossare calzature dissipative. Occorre precisare che per un corretto drenaggio delle cariche elettrostatiche è necessario che le soles siano a contatto con il pavimento in cemento, ovvero a terra non devono essere presenti materiali isolanti (cartoni, plastiche). Occorre inoltre implementare l'indicazione di non togliersi e strofinare i vestiti in aree atex. Una scelta della tipologia di tessuto dovrebbe essere mirata alla ricerca di tessuti in cotone e limitare l'utilizzo di poliestere.



Misure di miglioramento consigliate

- Gli addetti devono sempre indossare calzature dissipative
- Predisporre una procedura di pulizia delle soles delle scarpe periodica per evitare la creazione di strati di materiale isolante.
- Eliminare cartoni e materiali isolanti a terra.
- Nel tempo scegliere abbigliamento in cotone.

Collegamento di messa a terra fusti e cisterne

Gran parte dei fusti e cisterne sono predisposti per effettuare il collegamento di messa a terra. Alcuni fusti sono muniti di ruote in materiale plastico ma muniti di presa per la messa a terra. Risulta di fondamentale importanza fare in modo che tutti gli addetti siano formati e informati sulla necessità di effettuare il collegamento prima di iniziare le operazioni. Si riportano alcune configurazioni non corrette di collegamento di messa a terra.



Pinza non correttamente connessa



Pinza deformata e non correttamente connessa



Materiali che impediscono il collegamento di messa a terra

Misure di miglioramento consigliate

- Effettuare una verifica generale delle pinze presenti in stabilimento e sostituire quelle non adeguate ovvero deformate o danneggiate
- Le pinze vanno connesse su materiale conduttore , verificare la possibilità di poter sverniciare i fusti (in un punto specifico) o asportare lo strato di vernice per effettuare un miglior collegamento di messa a terra.
- Incrementare la segnaletica “collegare pinze di messa a terra”

Tubazioni impianti di aspirazioni

Negli impianti sono presenti impianti di aspirazioni in maggior parte con tubazioni munite di conduttore di messa a terra ma senza il filo conduttore connesso.



Misure di miglioramento consigliate

- Nella giunzione della tubazione collegare il conduttore alle parti metalliche del raccordo.
- Limitare al minimo tubazioni in materiale plastico mantenendo i tratti più brevi possibile.

Collegamenti di messa a terra equipotenziale di strutture

In generale sono presenti adeguati collegamenti di messa a terra equipotenziali. Si è notato però in alcuni casi la presenza di collegamenti parziali o non sufficienti.



Nodo equipotenziale non corretto

Misure di miglioramento consigliate

- Strutture e parti metalliche devono essere collegate equipotenzialmente tra loro e collegate all'impianto di messa a terra.
- Fusti di liquidi infiammabili devono essere collegati a terra tramite pinze.
- Nodi equipotenziali devono essere realizzati a regola d'arte.

Manichette per travasi

La maggior parte delle manichette per travaso presenti rilevate nei vari sopralluoghi non risultano adeguate in quanto si tratta della tipologia in materiale isolante con raccordo metallico. Questo tipo di manichetta è realizzata in materiale non conduttivo. Non incorpora cavi o trecce conduttive e quindi non è in grado di dissipare le cariche elettrostatiche. Le cariche che potrebbero accumularsi sulle parti conduttive isolate (raccordi metallici manichetta) possono facilmente produrre scariche innescenti.



Manichetta non dissipativa



Manichetta non dissipativa

Misure di miglioramento consigliate

- Predisporre nel tempo la sostituzione di tutte le manichette utilizzate per il travaso di liquidi infiammabili con manichette semi-conduttive. Una manichetta semi-conduttiva ha una resistenza abbastanza elevata ma tale da dissipare le cariche elettrostatiche. Lo strato più esterno è realizzato in materiale dissipativo e fornisce una bassa resistenza quando è in contatto con i raccordi metallici all'estremità. La resistenza per unità di lunghezza deve rientrare nella gamma da $10^3 \Omega/m$ a $10^6 \Omega/m$. La continuità elettrica è intrinseca alla costruzione della manichetta e non è necessario controllare regolarmente la continuità elettrica.
- Quando possibile sostituire le manichette presenti in materiale isolante con tubazioni in metallo.

Movimentazione di fusti contenenti liquidi infiammabili

Anche durante la movimentazione dei fusti deve essere garantito il drenaggio delle cariche elettrostatiche verso terra. L'unico modo è quello di utilizzare delle ruote in materiale dissipativo. La presenza delle ruote dissipative non esula dall'obbligo del collegamento di messa a terra dei fusti durante il travaso.

Misure di miglioramento consigliate

- La movimentazione dei fusti deve avvenire con i coperchi chiusi
- Sostituire tutte le ruote con ruote in materiale dissipativo.

Gas inerti e aria compressa

Durante l'erogazione di gas inerti e aria compressa, a causa del flusso di gas, è probabile la formazione di cariche elettrostatiche potenziali sorgenti di innesco.

Misure di miglioramento consigliate

- Collegare a terra gli erogatori e bombole di gas inerti.
- Collegare a terra gli erogatori di aria compressa.

Altri materiali non conduttori

Deve essere ridotta al minimo la presenza di materiali plastici e isolanti all'interno dell'azienda come per esempio secchi, pallets, tubazioni, contenitori vari. Le scalette utilizzate per l'avvicinamento degli addetti devono o essere collegate a terra tramite pinza o muniti di piedini antisdrucchiolo dissipativi.



Misure di miglioramento consigliate

- Limitare al minimo la presenza di materiali plastici all'interno dei reparti classificati.
- Nel tempo preferire pallets in metallo anziché in legno.
- Sostituire tutti i secchi presenti in materiale plastico con secchi in metallo.
- Scale, scalette e sgabelli devono avere i piedini in materiale dissipativo o in metallo, in alternativa predisporre il collegamento di messa a terra tramite pinze.

Autori

Dott. Fisico Giovanni Gavelli

Fisico laureato a Bologna, da quindici anni si occupa di valutazioni del rischio relativamente all'esposizione ad agenti Fisici e Atex in ambito industriale. Svolge intensa attività di consulenza in merito all'esposizione a campi elettromagnetici e radiazioni ottiche artificiali, rischio esplosione, mettendo a punto innovativi metodi di valutazione. Dal 2010 al 2015 ha ricoperto l'incarico di consigliere direttivo dell'Associazione Nazionale di Fisica e Applicazioni, attualmente è membro del comitato di valutazione. Responsabile del settore agenti fisici e Atex di Glob-Tek srls startup innovativa di Rovigo.

Dott. Ing. Roberto Piccin

Ingegnere Elettrico, laureato a Padova, consigliere dell'ordine degli ingegneri di Treviso . Da quasi 15 anni si occupa di sicurezza di prodotto e sicurezza negli ambienti di lavoro. Nello specifico, ha approfondito la tematica dei campi elettromagnetici sia in ambito industriale che civile, sia in bassa che in alta frequenza. Si occupa inoltre di valutazione del Rischio Elettrico. Tra le altre attività è consulente in ambito Compatibilità Elettromagnetica (EMC) di prodotti/apparecchiature/impianti. Studia problematiche di schermatura EMC (filtri/schermi) e in generale soluzioni di mitigazione da campi elettromagnetici (a 50 Hz e a radiofrequenza).