



## LA CORROSIONE

Il continuo e crescente sviluppo dei centri urbani ed industriali porta in primo piano un fenomeno apparentemente secondario: la CORROSIONE. Tutte le strutture interrate o immerse, sono soggette a corrosione. I danni causati dalla corrosione non consistono solo nella riparazione e/o sostituzione delle parti corrose, ma soprattutto, nei danni provocati, in modo indiretto, dalla sospensione del servizio, dalla perdita di produzione, dalla diminuzione dell'efficienza degli impianti etc., senza calcolare poi, i problemi che possono derivare da esplosioni, incendi, allagamenti, crolli, che si ripercuotono sull'ambiente circostante.

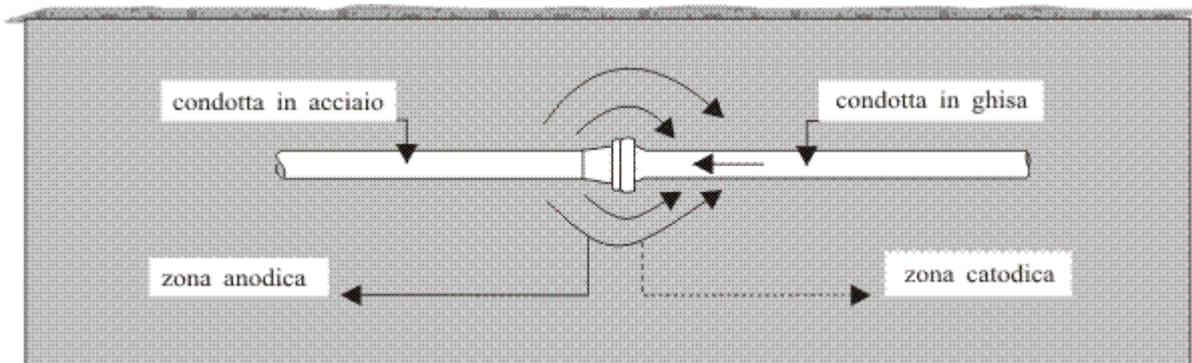
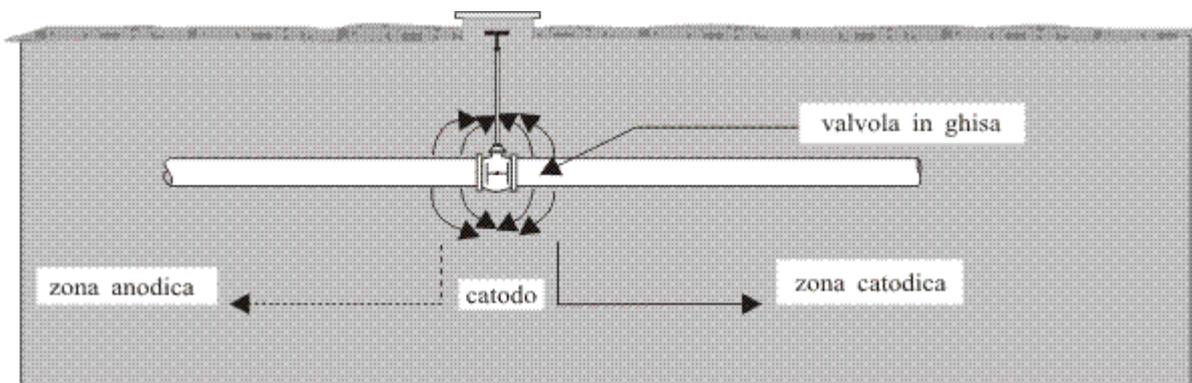
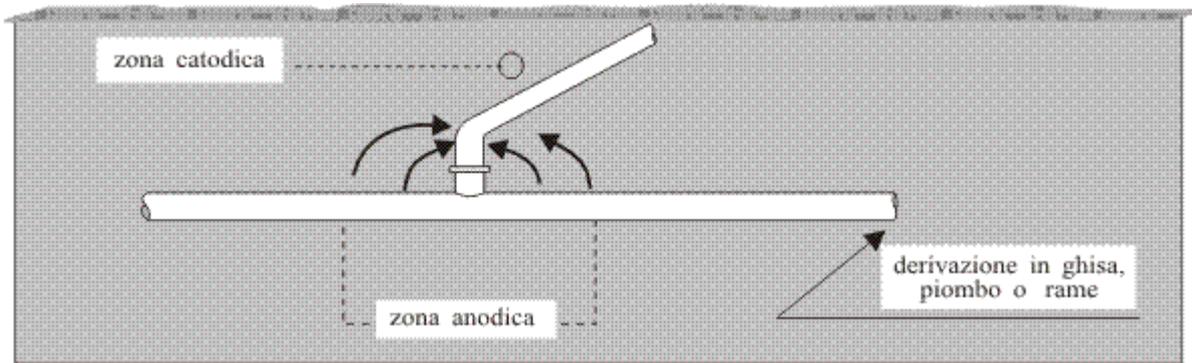
La corrosione avviene in quei punti della struttura dove il rivestimento risulta danneggiato o assente. Per questo la regola fondamentale da seguire, per ridurre al minimo i rischi di corrosione di una struttura metallica, è assicurare la maggiore conservazione possibile del rivestimento esterno.

Tale rivestimento, fisicamente e chimicamente resistente, impedisce lo stabilirsi di pile naturali di corrosione, nonché lo scambio di correnti, presenti in ambienti di posa particolarmente aggressivi.

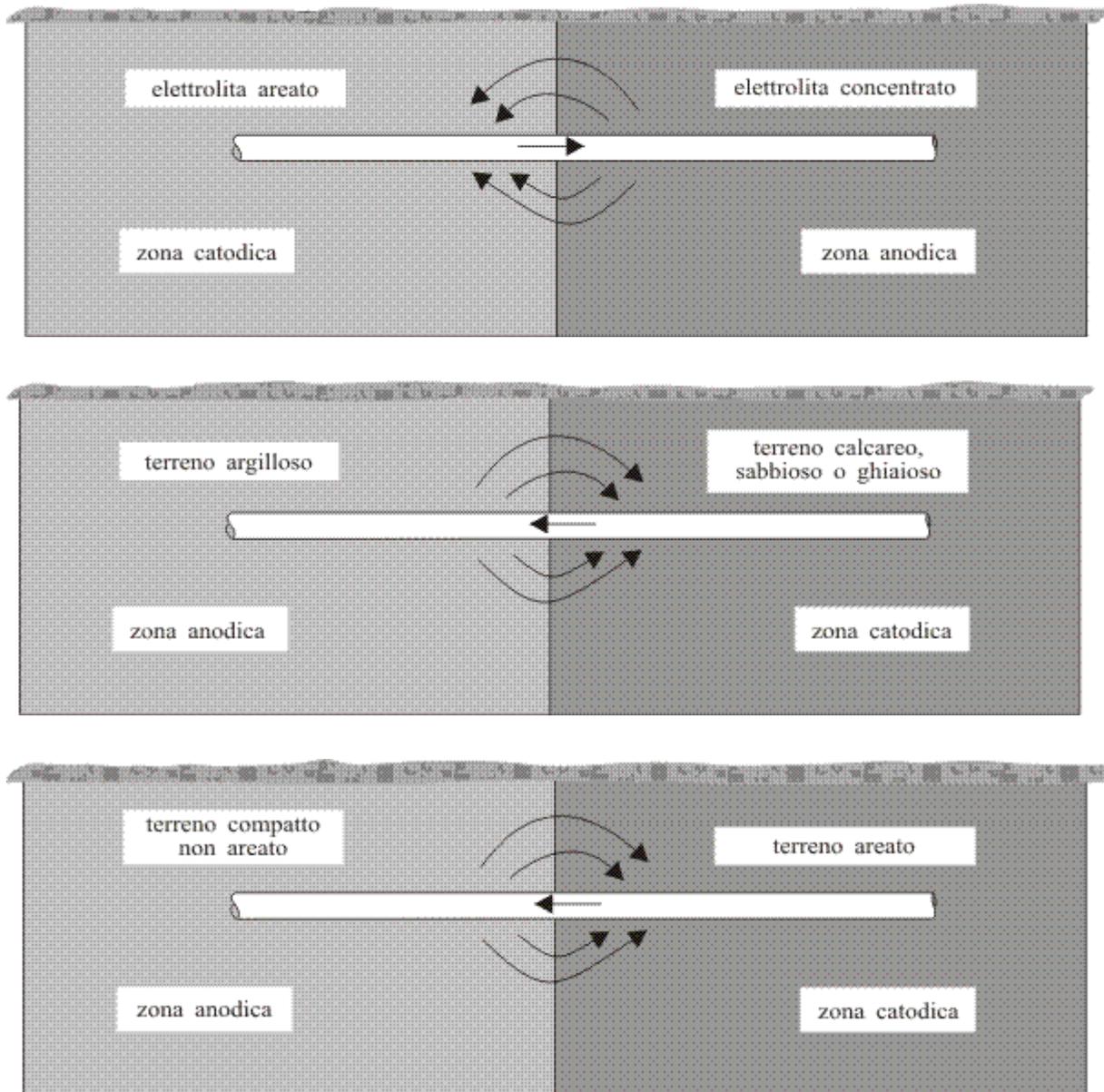
## AZIONE DEL TERRENO SULLA SUPERFICIE ESTERNA DEI METALLI INTERRATI

Tra la superficie di una qualsiasi struttura interrata ed il terreno si stabilisce un'interazione più o meno evidente. A tale interazione non si sottraggono, ovviamente, le condotte interrate, nude o rivestite. Il terreno per la sua costituzione ha un comportamento elettrolitico, perciò un metallo a contatto con il terreno ha un comportamento analogo a quello di un metallo a contatto con una soluzione acquosa e subisce i possibili fenomeni di corrosione. Il verificarsi di tale fenomeno è, quindi, la conseguenza della formazione di una vera e propria pila che innescherà un processo corrosivo. Tale processo sarà proporzionale alla intensità ed alla variazione nel tempo della corrente che ciascuna pila può erogare. La pila da cui scaturiscono i nostri problemi può essere di più tipi, tra questi distinguiamo:

- pila galvanica costituita dall'accoppiamento di due metalli diversi tra loro immersi in uno stesso ambiente;

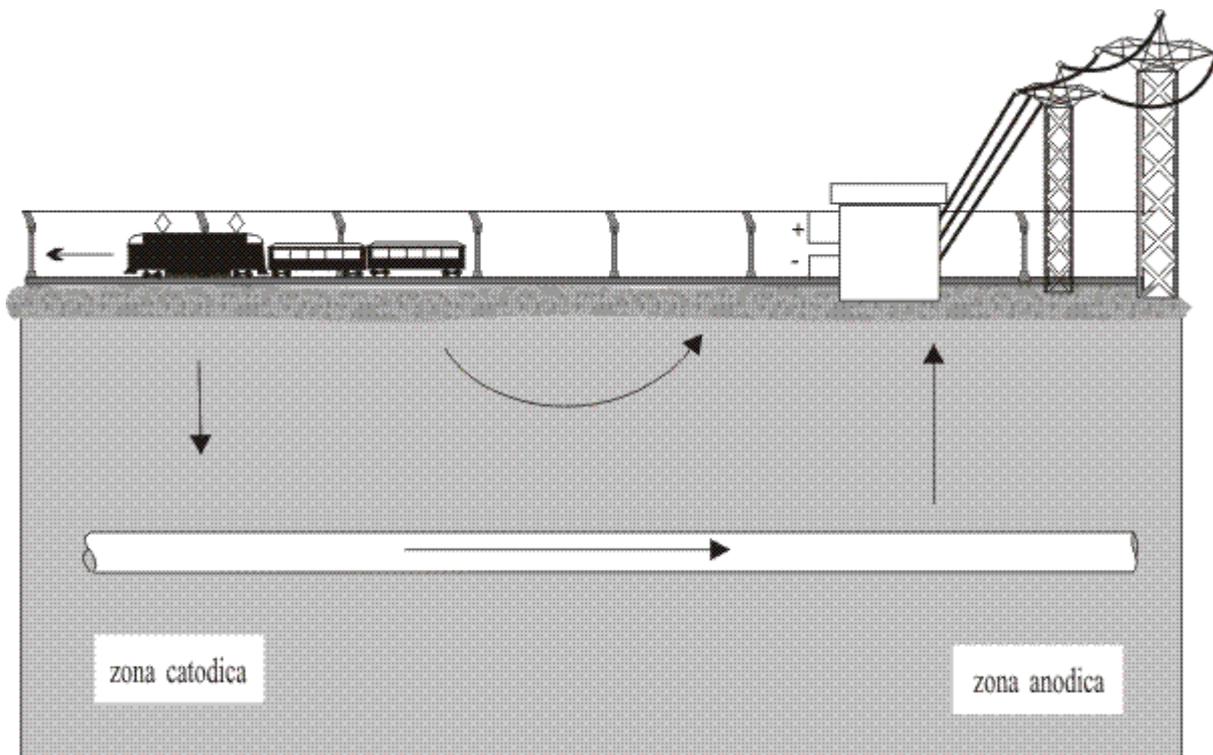


- pila geologica costituita dall'interazione di un metallo unico immerso in ambiente di natura diversa;



A questi fenomeni se ne affianca uno altrettanto significativo che deriva dalla presenza di correnti disperse nell'ambiente di posa in cui le tubazioni sono immerse. La corrente dispersa è una corrente esterna immessa nell'ambiente da impianti elettrici aventi un difetto di isolamento o collegati a terra per esigenze funzionali.

Tali flussi investono la tubazione in alcune zone (zone catodiche) e sono causa di pericolosi fenomeni di corrosione nelle zone in cui le correnti abbandonano le condotte (zone anodiche);



## DIFESA DALLA CORROSIONE

Generalmente si ritiene che un metallo sia immune da corrosione o in stato di immunità quando termodinamicamente è stabile rispetto al mezzo che lo contiene. I potenziali di equilibrio s'intendono definiti per i vari metalli misurandoli rispetto ad un elettrodo impolarizzabile il quale dovrà essere disposto, per realizzare il miglior contatto con l'ambiente e nel caso di strutture interrate, alla superficie del terreno sulla verticale della struttura. Si può affermare che lo stato di immunità permane fino a quando il metallo ha comportamento catodico rispetto ad altri metalli presenti o all'ambiente esterno cioè fino a quando il potenziale del metallo rispetto al terreno assuma valori inferiori a  $-1V$ .

Per impedire l'insorgere di tali fenomeni le tubazioni vengono dotate di un sistema di protezione realizzato attraverso una duplice via:

### PROTEZIONE PASSIVA - PROTEZIONE ATTIVA

La protezione passiva è l'insieme dei provvedimenti atti ad isolare le tubazioni elettricamente e meccanicamente dall'ambiente in cui giacciono e dalle altre strutture estranee presenti. Lo scopo della PROTEZIONE PASSIVA è duplice:

- impedire l'insorgere di corrosioni elettrolitiche sulle strutture
- renderne possibile la protezione attiva

Le principali caratteristiche che un rivestimento deve possedere per assolvere alla sua funzione di assicurare la protezione passiva di una struttura sono le seguenti:

- elevata resistenza d'isolamento
- minima permeabilità al vapor d'acqua ed all'ossigeno
- elevata aderenza alla superficie metallica alla quale esso è applicato
- assenza di discontinuità o di difetti passanti
- elevata resistenza meccanica (agli strappi, incisioni, urti etc.)
- elevata inerzia chimico-fisica nei confronti dell'ambiente con cui è a contatto.

Poiché è impossibile realizzare un rivestimento che possenga contemporaneamente tutti i requisiti su indicati è compito del progettista operare la scelta del rivestimento più idoneo in funzione dei dati progettuali in suo possesso. Alcune delle caratteristiche richieste sono di ovvio significato per cui si ritiene di dover sottolineare l'importanza che rivestono alcune di esse specie nel caso di rivestimenti per tubazioni interrate. Tali caratteristiche sono l'aderenza e la continuità del rivestimento isolante. Da un punto di vista puramente teorico risulta possibile la realizzazione di rivestimenti perfettamente aderenti e continui.

#### PROGETTAZIONE DEL SISTEMA

Per la progettazione del sistema di protezione catodica è indispensabile che la struttura su cui si andrà ad intervenire sia posata ed isolata da altri organi estranei all'opera. Solo in questi condizioni si potrà rilevare lo stato elettrico, l'interazione con l'ambiente di posa e determinare la precisa ubicazione delle aree anodiche che consentono di definire la potenza e la positura della stazione di protezione catodica. Per la progettazione di un impianto occorre conoscere:

- diametro delle condotte
- lunghezza dell'opera
- superficie esposta
- punti caratteristici (serbatoi, partitori, attraversamenti aerei, giunti dielettrici, tubi guaina di protezione, punti di misura elettrici)
- linee di trazione specificando se sono o no elettrificate
- sottostazioni elettriche, ferroviarie e tranviarie

- incroci e parallelismi con altre strutture metalliche interrato
- posti di protezione catodica di terzi mettendo in evidenza l'ubicazione del dispersore di corrente
- profilo di resistività dei terreni di posa
- potenziale spontaneo delle tubazioni posate
- campi elettrici esterni
- resistenza d'isolamento verso terra delle tubazioni

Sulla base dei risultati della elaborazione dei dati rilevati sarà determinato sia il numero ed il tipo di impianti necessari per la protezione dell'intera struttura, sia la loro potenza e ubicazione. Oltre a ciò saranno definiti gli interventi di bonifica necessari a garantire l'isolamento elettrico della tubazione. Ad impianti realizzati si procederà alla loro energizzazione ed alla verifica delle raggiunte condizioni di protezione.

#### CONDUZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA

Allo scopo di garantire costantemente la protezione delle tubazioni risulta indispensabile programmare un insieme di controlli che riguardano le apparecchiature, gli apparati e lo stato elettrico della struttura nella sua estensione per evitare che permanga a lungo un eventuale stato di "fuori protezione".

Per verificare che il funzionamento sia regolare è indispensabile effettuare almeno:

- un controllo visivo delle condizioni dei componenti;
- un controllo delle caratteristiche di protezione rilevando, nel punto in cui è installata la stazione, la d.d.p. struttura/terreno e la corrente di protezione erogata;
- un rilievo in campo delle misure di resistenza tubo/dispersore, tubo/elettrodo e messa a terra allo scopo di prevenire eventuali variazioni dannose al buon funzionamento dell'impianto;
- una lettura dei potenziali struttura/terra nei punti di controllo lungo lo sviluppo delle condotte e ai terminali. Questa indicazione è necessaria per stabilire, integrata ad altre considerazioni, se la rete in esame sia in protezione o in corrosione;
- una verifica dell'efficienza dei giunti isolanti e dei loro cavi di shuntaggio;
- un controllo sui nuovi allacciamenti per evitare che possano andare a contatto con altre strutture interrate (messe a terra, tubazioni, etc.). Inserire sempre ai loro terminali giunti isolanti nel caso che questi si colleghino a strutture estranee che non devono essere comprese nel sistema (colonne montanti, serbatoi, etc.).

E' opportuno documentare ogni controllo e ogni variazione apportata alla taratura della apparecchiatura trascrivendo i dati su apposita scheda da lasciare possibilmente a disposizione dell'operatore all'interno dell'armadio.

Gli impianti essendo alimentati da una sorgente elettrica con tensione inferiore a 1000 Volt c.a. (norme C.E.I.), devono essere denunciati.

#### PROTEZIONE ATTIVA/PROTEZIONE CATODICA

I provvedimenti di protezione passiva che in ogni caso riducono sensibilmente i fenomeni di corrosione non sono tali da costituire un sistema di protezione integrale in quanto non possono evitare quei fenomeni di corrosione, in particolare localizzati, che si generano sia per avarie al rivestimento, causate durante la posa in opera delle tubazioni, sia per il naturale degradamento del rivestimento stesso accelerato dall'aggressività dei terreni, sia infine per particolari condizioni elettriche di questi ultimi. Si è costretti quindi ad integrare il sistema di protezione passiva con provvedimenti di protezione attiva o protezione catodica. Questo tipo di difesa ha lo scopo di disciplinare i flussi di corrente, in modo da rendere catodica l'intera superficie cioè rendendola più negativa. La protezione è totale quando il potenziale in ogni punto della struttura è in ogni istante uguale o inferiore alla soglia di immunità. Tutto questo si ottiene in pratica realizzando fra condotte e terreno un circuito elettrico in grado di investire l'intera tubazione di corrente continua, vagante nel terreno ed opportunamente dispersa in questo e di fare in modo che la corrente stessa abbandoni poi la condotta in determinati punti di richiamo attraverso uno o più conduttori metallici del predetto circuito elettrico. I sistemi per ottenere tale circuito vengono realizzati mediante l'impiego di due tecniche:

- impianti con anodi sacrificali
  
- impianti a drenaggio forzato

L'impiego dell'uno o dell'altro dipende dalle caratteristiche dell'opera da proteggere e di quelle dell'ambiente di posa.

#### IMPIANTI CON ANODI SACRIFICIALI

Si realizzano collegando metallicamente la struttura da proteggere con un metallo meno nobile di quello di cui la struttura stessa è costituita.

Tale azione protettiva risulta tanto più efficace quanto maggiore è la differenza di nobiltà tra i due metalli, cioè quanto maggiore è la differenza di potenziale ai capi della pila - struttura da proteggere/ambiente/metallo protettore.

In tali tipi di impianti la protezione è ottenuta a spese del materiale anodico che si corrode (anodi sacrificali). Ovviamente l'azione protettiva si esplica fino a quando vi è presenza di materiale anodico, per cui sarà necessario, periodicamente, provvedere alla sua sostituzione.

I materiali anodici più comunemente usati sono alluminio, zinco e magnesio.

La scelta del materiale anodico più idoneo dipende, oltre che dalla natura del metallo della struttura da proteggere, anche dalla resistività dell'ambiente in cui la struttura è posta.

Per la protezione delle strutture in acciaio interrate si usano, generalmente, anodi al magnesio, che vengono normalmente posati in un letto anodico costituito da una miscela elettrolitica (backfill) allo scopo di rendere uniforme il loro consumo, diminuire la loro resistenza verso terra (e quindi aumentare la corrente erogata) e favorire l'uniforme distribuzione del campo elettrico. Generalmente, la corrente erogata da ogni anodo è di modesta entità in quanto essa dipende dalla differenza di potenziale ai capi della pila, che è una caratteristica intrinseca del sistema e dalle dimensioni dell'anodo stesso che, se si vuole restare in un contesto reale, risulta essere di dimensioni limitate.

Per questa ragione, la superficie metallica che è possibile proteggere con ogni anodo sacrificiale risulta essere modesta. In presenza di strutture di notevoli dimensioni si renderebbe necessario l'impiego di un notevole numero di anodi collegati tra loro in parallelo. Quando ci si trova in presenza di tali tipi di strutture, o quando si deve realizzare la protezione di tubazioni che si estendono per svariati chilometri risulta più conveniente provvedere alla protezione catodica della struttura realizzando impianti a corrente impressa.

#### IMPIANTO A DRENAGGIO FORZATO

Questo tipo di tecnica prevede l'utilizzo di un gruppo trasformatore del tipo automatico che consente di mantenere costante nel tempo il valore della tensione tubo/terreno. L'alimentatore ha la funzione di fornire energia elettrica a corrente continua necessaria per la protezione. I valori di corrente devono comunque essere tali da non provocare condizioni di sovrapprotezione che potrebbero provocare danni al rivestimento (cathodic disbonding) e pericolose interferenze su strutture di terzi presenti sul territorio. Il polo negativo di tale alimentatore viene collegato elettricamente alla struttura da proteggere, che risulta, quindi, polarizzata catodicamente, mentre il polo positivo viene collegato all'anodo dispersore che costituisce il cuore dell'impianto. Il dispersore viene dimensionato in base alla corrente da erogare, alla durata (in genere 10/15 anni), al consumo dovuto alla quantità di corrente erogata ed alla resistività dell'ambiente circostante. La scelta del tipo di dispersore da adottare è indirizzata dal tipo di terreno che si incontra alle diverse profondità, dai costi di installazione, ma soprattutto dalla necessità di ridurre al minimo gli interventi, atti a garantire l'efficienza del dispersore e mantenere costante nel tempo la sua resistenza verso terra e uniforme il suo consumo. Generalmente i dispersori vengono posati in un opportuno letto di posa (specialmente quelli orizzontali) costituito da polvere di carbone allo scopo di:

- aumentare la superficie disperdente in modo da diminuire la resistenza verso terra;
- ridurre il consumo del materiale anodico, dovuto al fatto che l'erogazione della corrente avviene anche attraverso il letto di posa stesso che funziona anche da anodo;
- rendere omogeneo l'ambiente circostante all'anodo e di conseguenza il suo consumo, evitando in tal modo consumi localizzati che

possono portare alla rottura dell'anodo.

I dispersori, in base alla loro disposizione possono essere:

- orizzontali
- verticali in superficie
- verticali in profondità

I dispersori di corrente ORIZZONTALI e VERTICALI IN SUPERFICIE per la protezione di tubazioni, vengono generalmente posati alla distanza di 100/150 m. dalla struttura da proteggere in modo che il campo elettrico di protezione risulti più uniformemente distribuito. Viene rispettata la stessa distanza anche nei confronti di strutture metalliche interrate di terzi, per cautelarsi dal rischio di causare interferenze su di esse.

Per i DISPERSORI VERTICALI AD ALTA PROFONDITÀ, la distanza fra la struttura da proteggere (o strutture di terzi) e l'estremità superiore della catena anodica è diminuisce, ma non deve mai essere inferiore a 40 m.

Nella protezione di reti di distribuzione si tende ad impiegare DISPERSORI VERTICALI AD ALTA PROFONDITÀ per le seguenti ragioni:

- possono essere posizionati in aree congestionate essendo di minimo ingombro;
- si riduce al minimo la probabilità di interferenze verso terzi;
- alcuni terreni che in superficie presentano una elevata resistività, spesso risultano avere in profondità una buona conducibilità; ne consegue che, in tali circostanze, la RESISTENZA TOTALE di un dispersore verticale risulta inferiore rispetto a quella offerta da uno orizzontale;
- la distribuzione di corrente risulta migliore;
- il gradiente di potenziale anodico risulta più basso;
- non risentono delle variazioni stagionali del terreno;
- non sono soggetti ad essere danneggiati da scavi di terzi.

I dispersori verticali ad alta profondità, presentano tuttavia alcuni svantaggi rispetto agli altri due tipi:

- costi piuttosto elevati a parità di erogazione di corrente;
- impossibilità di riparare i cavi;
- in terreni molto compatti, ma questo vale anche per i dispersori orizzontali, è accentuato l'effetto di aumento della resistenza del dispersore dovuti alla formazione di gas sulla sua superficie, pertanto in questi casi è necessario prevedere adeguati sfiati.

I materiali più comunemente usati sono :

ferro, grafite, ferro silicio, titanio attivato e magnetite.