



Impianti elettrici e cantiere/2 Illuminazione e messa a terra: come operare a regola d'arte

■ di **Marco Vigone**, ingegnere, presidente della Commissione Sicurezza UNI – Milano, Occupational Health and Safety Rapporteur – Bruxelles, Amministratore Delegato IEC Srl - Torino

Contenuti, disegni e fotografie tratti, con modifiche, dalla ricerca didattica ISPEL B74/DOC/00, «Percorso formativo del Coordinatore in progettazione ed il Coordinatore in esecuzione nei cantieri edili», realizzata dal Dipartimento documentazione, informazione e formazione, ISPEL, Roma, e da IEC Srl, Torino

In un primo approfondimento è stato analizzato l'impianto elettrico di cantiere (Tecnologie&Soluzioni n. 2/2007), a partire dalla fornitura di energia elettrica per arrivare a un esame puntuale delle caratteristiche proprie che devono possedere i suoi componenti quali il quadro, gli interruttori, le condutture di posa e le prese a spina. In questa seconda parte sono esaminati, invece, l'impianto di illuminazione artificiale e quello della messa a terra, sempre secondo i dettami della regola dell'arte.

L'attività di cantiere è abitualmente svolta durante il periodo diurno, ne consegue che l'esigenza dell'illuminazione artificiale nasce solo per cantieri con cicli di lavorazioni continue o di durata abitualmente superiore a quella diurna, per attività in gallerie, locali interrati o altri ambienti generalmente bui.

In questi casi, parallelamente alla esigenza di illuminazione artificiale, si pone anche l'esigenza di illuminazione di sicurezza. Il problema non si presenta nel caso in cui l'illuminazione artificiale è utilizzata, per brevi periodi e in aggiunta a quella solare, per le rifiniture.

La realizzazione dell'impianto di illuminazione, in particolare di illuminazione di sicurezza, deve essere eseguita secondo le prescrizioni contenute nel piano di sicurezza e di coordinamento.

Si distinguono tre tipi di illuminazione:

- impianti fissi;
- impianti trasportabili;
- impianti portatili.

Per ognuno esistono particolari specifiche.

Impianti di illuminazione fissi

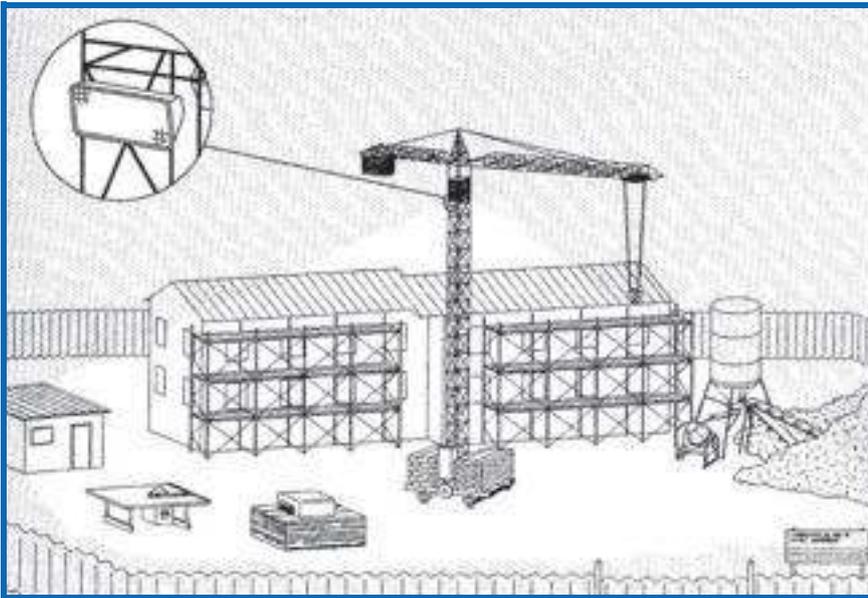
Questi impianti devono avere le stesse caratteristiche degli impianti elettrici di cantiere, in particolare bisogna porre attenzione al grado di protezione, che in un ambiente normale deve essere almeno IP 44, e al posizionamento degli apparecchi di illuminazione che non devono creare

zone di ombra, risultare d'intralcio e devono essere protetti contro gli urti accidentali. Inoltre, è necessario verificare con attenzione che gli apparecchi di illuminazione, in particolare i proiettori, non siano causa di abbagliamento; quelli fissi possono essere installati su pali, sul traliccio della gru o in altre posizioni elevate (si veda la figura 1).

Impianti di illuminazione trasportabili

Generalmente, si utilizzano a questo scopo proiettori dotati di lampade alogene, installati su appositi sostegni; questi apparecchi funzionano in posizione fissa e devono essere trasportati solo dopo aver disattivato l'alimentazione.

Gli apparecchi di illuminazione trasportabili (si vedano le figure 2 e 3) possono essere alimentati a 230 V direttamente dalla rete, oppure a 24 V tramite trasformatore di sicurezza (SELV), le lampade utilizzate nei luoghi conduttori ristretti devono essere alimentate a bassa tensione di sicurezza.



▲ **Figura 1** – Apparecchi di illuminazione fissa

Essendo comunque a portata di mano durante il loro funzionamento, le lampade devono essere protette da appositi vetri. A causa delle lavorazioni in corso, possono essere esposte a spruzzi, quindi, si consiglia un grado di protezione minimo IP 55 e di utilizzare apparecchi di illuminazione con isolamento di classe II. I cavi di alimentazione (essendo l'apparecchio mobile) devono essere adatti alla posa mobile, quindi H07RN-F o equivalenti.

Lampade portatili

Queste lampade, se utilizzate in luoghi conduttori ristretti, devono essere alimentate mediante circuiti a bassa tensione di sicurezza (SELV).

Le lampade portatili (si veda la *figura 4*) devono essere conformi alle norme CEI EN 60598-2-8, e CEI 34-34, quindi, avere almeno le seguenti caratteristiche:

- essere dotate di impugnatura di materiale isolante non igroscopico;
- avere le parti in tensione, o che posso-

no essere messe in tensione in seguito a guasti, completamente protette in modo da evitare ogni possibilità di contatto accidentale;

- possedere un involucro di vetro o di materiale traslucido a protezione della lampada;
 - essere munite di gabbia di protezione, fissata mediante collare esterno all'impugnatura isolante;
 - garantire il perfetto isolamento delle parti in tensione dalle parti metalliche eventualmente fissate all'impugnatura.
- La guida CEI 64-17 consiglia un grado di protezione di almeno IP 44.

L'impianto di messa a terra

In fase di progetto dell'impianto elettrico di cantiere si deve definire la configurazione del dispersore di terra in funzione dell'esigenza del cantiere e, dove possibile, dell'impianto elettrico necessario alla costruzione e all'utilizzazione finale dell'opera.

L'impianto a terra è composto da:

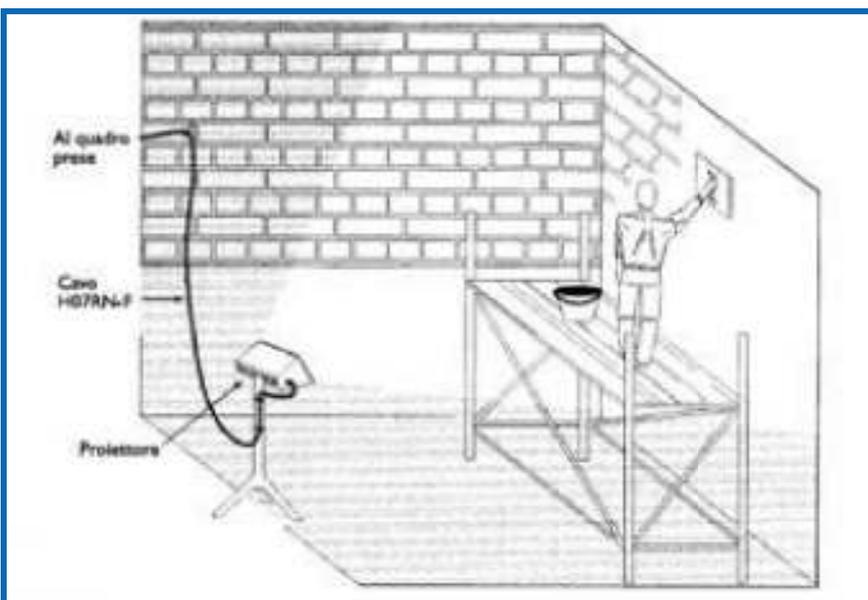
- elementi di dispersione;
- nodo (o collettore) principale di terra;
- conduttori di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali.

Tutti questi elementi, se scelti e applicati correttamente, rendono affidabile il sistema di protezione.

Elementi di dispersione

Il dispersore, o elemento di dispersione, è un corpo metallico, o un complesso di corpi metallici, posto in contatto elettrico con il terreno e utilizzato per realizzare il collegamento elettrico con la terra, come definito dalla norma CEI 64-8/2.

L'elemento di dispersione avrà in genere una bassa resistenza di terra e, per forma e dimensione, dovrà resistere alla corrosione del terreno. Per diminuire la resistenza di terra di un dispersore in un terreno omogeneo non è economicamente conveniente aumentarne la profondità, infatti, passando alla superficie a profondità infinita la resistenza di terra si dimezza.



▲ **Figura 2** – illuminazione del luogo di lavoro con apparecchio trasportabile

Collocazione dei dispersori

Dal momento che due dispersori vicini sono meno efficienti di due dispersori lontani, devono essere collocati a debita distanza; non conviene, quindi, installare nell'area oggetto dell'intervento un numero di dispersori superiore a un certo limite, altrimenti l'area, ormai saturata, con l'aggiunta di altri dispersori non subisce sensibili variazioni di resistenza.

Il terreno ideale per la collocazione dei dispersori è umido, vegetale e buon conduttore.

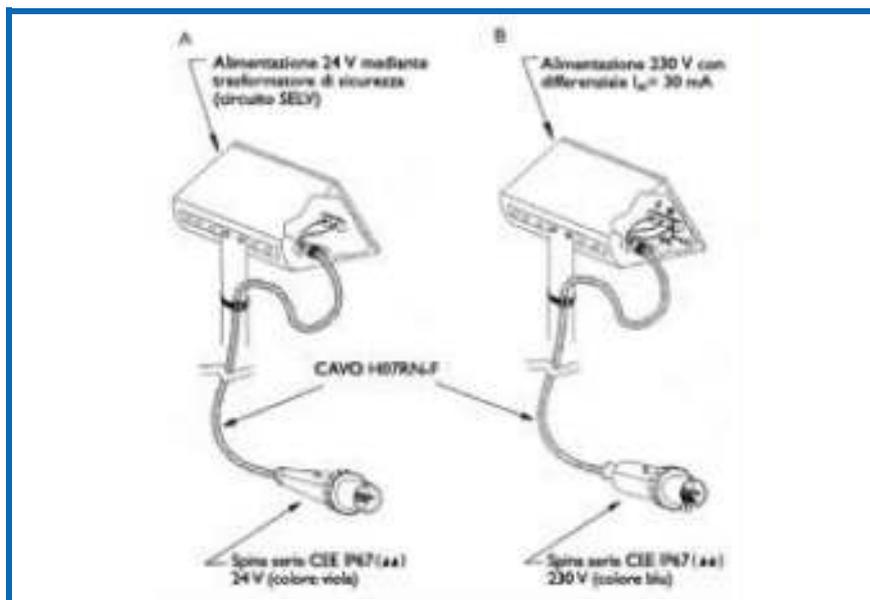
A volte, la resistività del terreno è particolarmente elevata e diventa problematico eseguire un buon impianto di terra; in questi casi è consigliabile sostituire l'impianto preesistente con uno a elevata conducibilità.

Geometria del dispersore

La geometria del dispersore influisce sulle tensioni di contatto e di passo; queste si riducono se il dispersore interessa tutta l'area in maniera uniforme. Ipoteticamente, ma in pratica improponibile, la soluzione ideale si realizzerebbe con l'ausilio di una piastra di rame estesa su tutta la superficie da raggiungere.

Nella pratica, ci si avvicina alla situazione ideale realizzando un dispersore che segua il perimetro dell'area protetta (dispersore ad anello); l'aggiunta di maglie all'interno dell'anello stesso (dispersore a rete magliata) migliora l'equalizzazione del potenziale.

Anche per un impianto di terra in bassa



▲ **Figura 3** – Apparecchi d'illuminazione trasportabili:

A. alimentazione a bassissima tensione di sicurezza B. alimentazione a 230V

tensione il dispersore più idoneo è un anello che segua il perimetro dell'edificio; il dispersore può essere posato, con vantaggio per l'economia e la sicurezza, durante le opere di scavo delle fondazioni e interconnesso con i plinti.

I dispersori di cui si è finora parlato possono essere:

- **intenzionali** (o **artificiali**) – interrati, costituiti da tubi metallici, profilati, tondini ecc., per i quali le normative fissano dimensioni minime, allo scopo di garantirne la necessaria resistenza;
- **di fatto** (o **naturali**) – interrati, costituiti essenzialmente dai ferri delle fondazioni in cemento armato (plinti, pla-

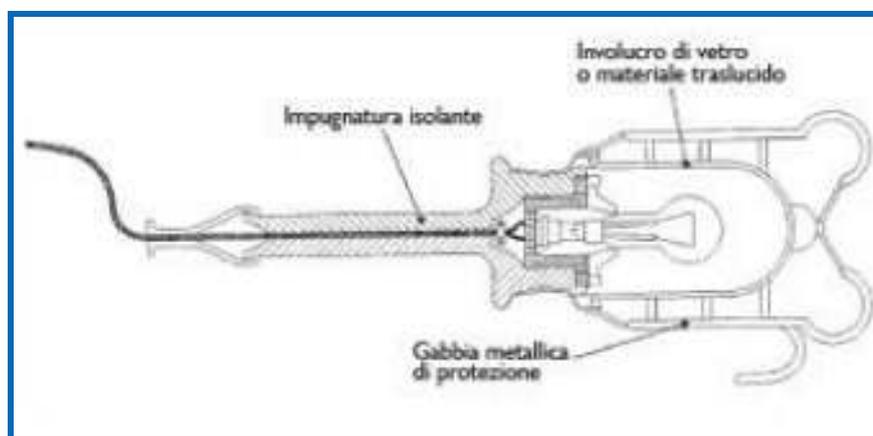
tee, travi continue, paratie di contenimento). Possono essere utilizzate le camicie metalliche dei pozzi, ma non possono essere sfruttate le tubazioni dell'acquedotto pubblico.

I dispersori, affinché possano svolgere il loro compito per un lungo periodo di servizio, devono avere, quindi, caratteristiche elettriche e meccaniche garantite nel tempo; per questo motivo a volte si preferisce l'utilizzo di dispersori intenzionali.

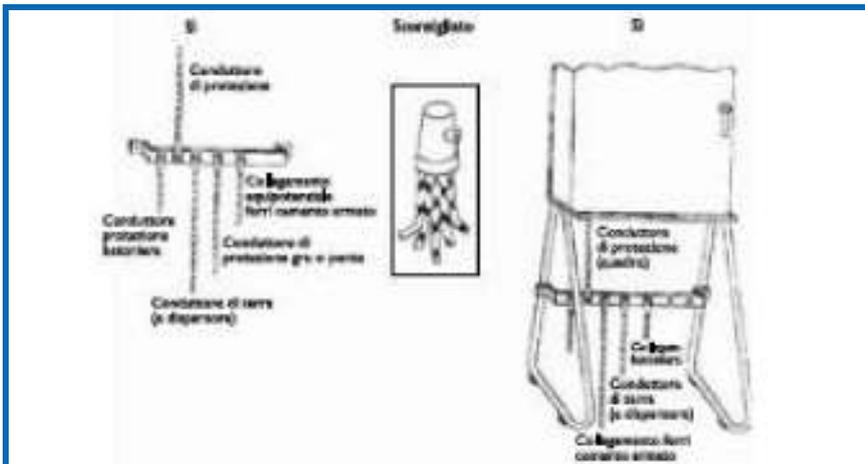
Con la cosiddetta **terra di fondazione** si riesce a conciliare l'affidabilità dei dispersori intenzionali con la capacità dei disperdenti naturali dei dispersori di fatto; i dispersori intenzionali vengono posati durante le opere di sbancamento e di fondazione della costruzione e vengono interconnessi, così, ai dispersori di fatto, rendendo unico il sistema disperdente, oltre che economico e affidabile.

La corrosione del dispersore costituisce un grosso problema per l'impianto di terra.

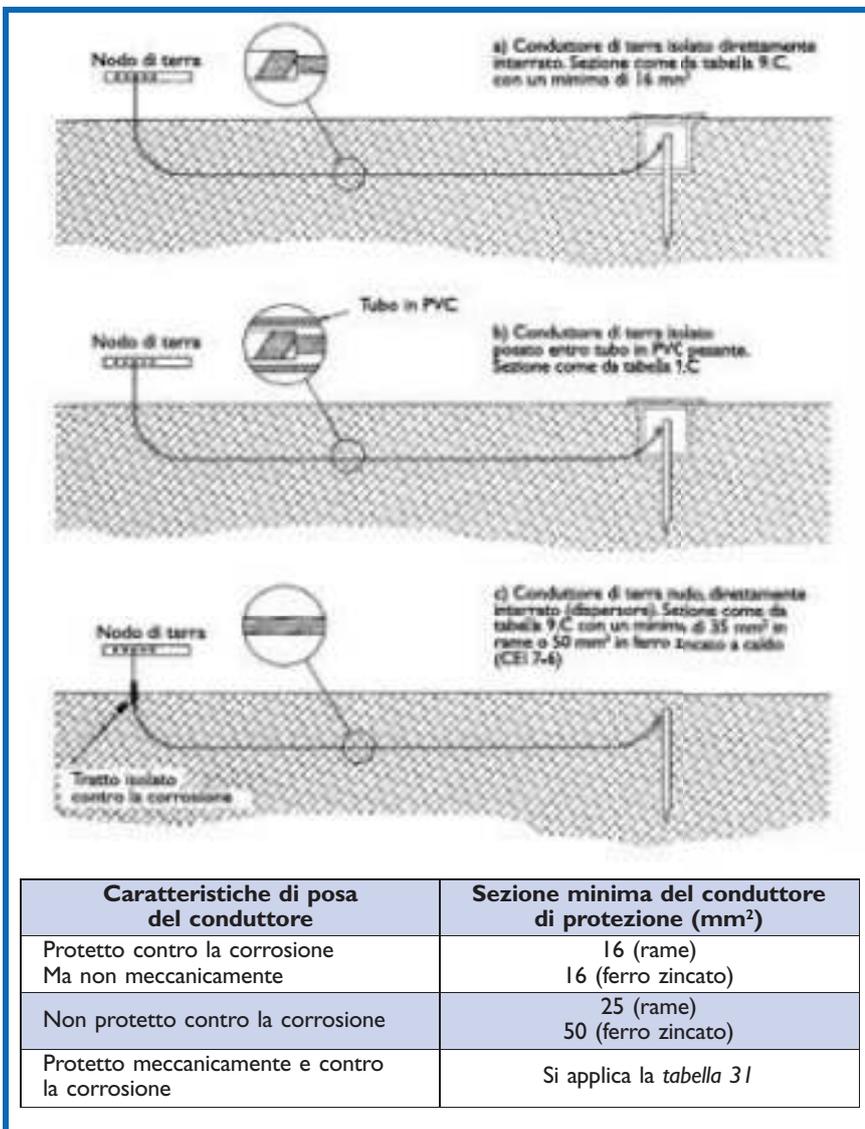
Il rame è tra i conduttori meno esposti alla corrosione, visto il suo comportamento da catodo rispetto alla quasi totalità degli altri conduttori, ma può provocare quella degli altri elementi metallici presenti nella stessa zona; per questo motivo si utilizza il rame stagnato e l'acciaio zinco a caldo.



▲ **Figura 4** – Lampada portatile conforme alla norma CEI 34-34



▲ **Figura 5** – Nodo di terra costituito da una barra di rame cui fanno capo il conduttore di terra, i conduttori di protezione e i conduttori equipotenziali



Caratteristiche di posa del conduttore	Sezione minima del conduttore di protezione (mm²)
Protetto contro la corrosione Ma non meccanicamente	16 (rame) 16 (ferro zincato)
Non protetto contro la corrosione	25 (rame) 50 (ferro zincato)
Protetto meccanicamente e contro la corrosione	Si applica la tabella 3/

▲ **Figura 6** – Sezioni minime del conduttore di terra, protetto meccanicamente e/o contro la corrosione

Conduttori di terra e di protezione

Il conduttore di terra (si veda la figura 5) collega i dispersori, intenzionali o di fatto, tra di loro al collettore (o nodo) principale di terra; il conduttore di collegamento, se isolato, è anch'esso un conduttore di terra. La sezione del conduttore, in funzione delle eventuali protezioni contro l'usura meccanica e contro la corrosione, deve essere di sezione minima conforme alla tabella 1 e alla figura 6.

Se il conduttore di protezione serve più circuiti, si considera la sezione del conduttore di fase più elevata.

Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali sono gli elementi che collegano il nodo di terra alle masse metalliche estranee e, per essi, valgono considerazioni analoghe a quelle indicate per i conduttori di terra e di protezione.

Le sezioni minime sono stabilite dalla norma CEI 64-8 nel seguente modo:

- il conduttore equipotenziale principale deve avere una sezione almeno uguale alla metà di quella del conduttore di protezione di sezione più grande dell'impianto, con un minimo di 6 mm²;
- il conduttore equipotenziale supplementare, che collega masse estranee all'impianto di terra, deve avere sezione non inferiore a 2,5 mm², se protetto meccanicamente, o a 4 mm², se non è prevista una protezione meccanica.

I conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali, se costituiti da cavi unipolari, devono avere l'isolante di colore giallo-verde. Per i conduttori nudi non sono prescritti colori o contrassegni specifici; qualora sia necessario contraddistinguerli da altri conduttori, devono essere usate fascette di colore giallo-verde o etichette con il segno grafico "+-".

Lo stesso simbolo grafico deve individuare i morsetti destinati al collegamento dei conduttori di terra, equipotenziali e di protezione.

In fase di installazione delle macchine di cantiere, deve essere realizzato l'impianto di messa a terra con dispersori installati in

TABELLA 1
SEZIONI MINIME DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE

Sezione dei conduttori di fase S (mm ²)	Sezione minima del conduttore di protezione S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	16
SA > 35	S _p = S/2

prossimità delle macchine più importanti, come evidenziato nella *figura 7*.

Apparecchi di classe II

Nei cantieri si ricorre frequentemente all'utilizzo di utensili elettrici portatili, quali, per esempio, trapani o smerigliatrici (cosiddette flessibili), tutti apparecchi che devono essere conformi alle relative norme di prodotto.

Per motivi di sicurezza, gli apparecchi portatili sono costruiti con isolamento doppio o rinforzato (apparecchi di classe II) e in targa portano il simbolo del doppio

quadrato (si veda la *figura 8*).

L'isolamento doppio è costituito dall'isolamento principale e dall'isolamento supplementare. Tutti gli apparecchi hanno un isolamento principale; un guasto all'isolamento principale può dar luogo a un contatto diretto o indiretto. L'isolamento supplementare evita questo pericolo.

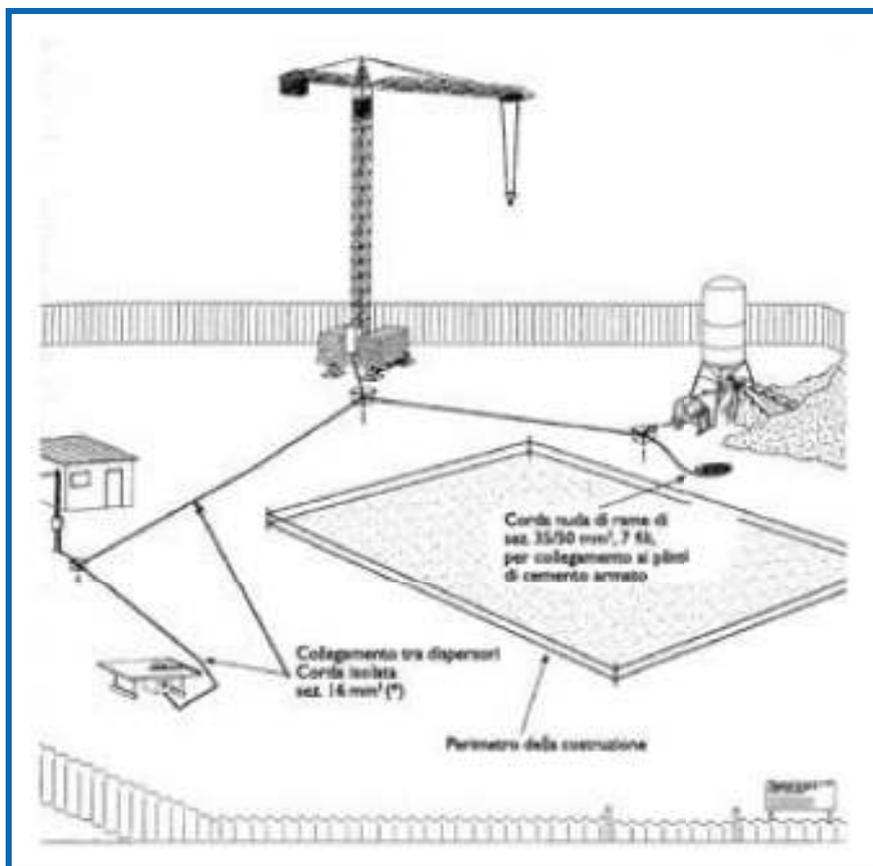
Gli apparecchi di classe II con involucro metallico non devono essere collegati a terra, sono già protetti contro i contatti indiretti dall'isolamento doppio o rinforzato. In tal caso, il collegamento a terra diminuisce la sicurezza, infatti, la probabili-

tà che sulla massa siano riportate tensioni pericolose, causate dall'inefficienza dell'impianto di terra o da prese a spina difettose, è maggiore della probabilità che il collegamento a terra sia utile in caso di cedimento dell'isolamento doppio o rinforzato. In definitiva, non solo non è necessario collegare a terra gli apparecchi di classe II, ma è proibito.

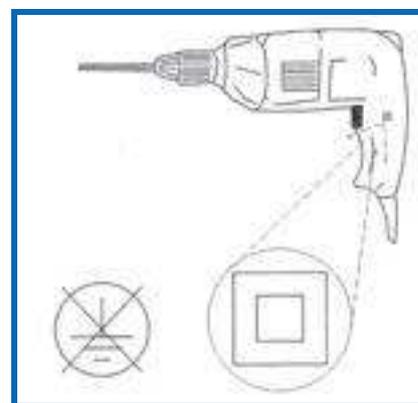
Protezione contro le scariche atmosferiche

In base alle vigenti disposizioni legislative, le strutture metalliche installate all'aperto, quali gru, ponteggi metallici e silos di "notevoli dimensioni", devono essere protette contro i fulmini, da cui l'obbligo di denuncia. La necessità o meno di proteggere dai fulmini strutture di cantiere deve essere sempre determinata da una corretta valutazione del rischio. Per conoscere se la protezione è necessaria si possono applicare due procedure di valutazione, alternative tra loro:

- procedura completa (norma CEI 81-4), applicabile a tutti i casi;



▲ **Figura 7** – Esempio di realizzazione di un impianto di messa a terra



▲ **Figura 8** – Gli apparecchi con isolamento doppio o rinforzato (classe II) portano in targa il simbolo del doppio quadrato



LA SICUREZZA NEI CANTIERI

SCAVI

Nei lavori di splateamento e sbancamento, eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione od un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. (vedi tabella)

Quando la parete del fronte d'attacco superi l'altezza di mt. 1,50 è vietato il sistema di escavo manuale per scalzamento alla base e conseguente rischio di franamento della parete.

Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, infiltrazioni, gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, si deve provvedere all'armatura e al consolidamento del terreno.

Negli scavi con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo d'azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte d'attacco. Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica, deve essere protetto con solido riparo.

Deve essere fatto divieto di avvicinarsi alla base della parete dello scavo, inoltre la zona di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni, spostabili col proseguire dello scavo.

E' vietato costituire deposito di materiali presso il ciglio dello scavo. Qualora tali depositi siano necessari, per le condizioni del lavoro, si deve procedere alle necessarie puntellature delle pareti dello scavo.

Nello scavo di pozzi e di trincee, profonde più di mt.1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.

Le tavole di rivestimento delle pareti per il sostegno devono sporgere dal bordo degli scavi di almeno 30 cm.



LA SICUREZZA NEI CANTIERI

Nella infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure precauzionali per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine con pericolo per i lavoratori.

Nei lavori in pozzi di fondazione profondi oltre 3 mt deve essere disposto, a protezione degli operai addetti allo scavo e all'asportazione del materiale scavato, un robusto impalcato con apertura per il passaggio della benna. E' importante ricordare che qualsiasi tipo di scavo, qualora non venga immediatamente chiuso, durante il proseguire dei lavori deve essere sempre delimitato da parapetto normale.

L'accesso ai posti di lavoro, entro lo scavo, deve essere predisposto con apposite scale o rampe. La lunghezza delle scale a mano di accesso allo scavo deve essere tale che i montanti sporgano di almeno 1 mt oltre il bordo superiore dello scavo; la scala deve essere vincolata.

Prima di effettuare lo scavo va controllata la presenza di tubazioni, elettrodotti, metanodotti, cisterne o altro che possano interferire con i lavori.

Tabella indicante gli angoli di declivio o inclinazione naturale per diversi tipi di terreno.

TIPI DI TERRE	ANGOLI DI DECLIVIO		
	ASCIUTTE	UMIDE	BAGNATE
Rocce dure	80 - 85°	80 - 85°	80 - 85°
Rocce tenere o fessature, tufo	50 - 55°	45 - 50°	40 - 45°
Pietrame	45 - 50°	45 - 50°	35 - 40°
Ghiaia	35 - 45°	30 - 40°	25 - 35°
Sabbia grossa non argillosa	30 - 35°	30 - 35°	25 - 30°
Sabbia fine non argillosa	30 - 40°	30 - 40°	10 - 25°
Terra vegetale	35 - 45°	30 - 40°	20 - 30°
Argilla, marne (terra argillosa)	40 - 50°	30 - 40°	10 - 30°
Terre forti	45 - 55°	35 - 45°	25 - 35°



LA SICUREZZA NEI CANTIERI

Seguono alcuni esempi di protezione degli scavi e di puntellature del terreno qualora non si possa dare una naturale pendenza al terreno.

