

TUTTO NORMEL

CANTIERI EDILI

Impianti a norme CEI

GUIDA BLU

3

9/2011

EDIZIONI TNE



1 GENERALITÀ

DEFINIZIONE CANTIERE

1.1 Oggetto e scopo

Il presente volume ha lo scopo di guidare l'installatore nella realizzazione pratica degli impianti elettrici dei cantieri edili secondo la regola dell'arte.

Per cantiere edile, nel seguito denominato in breve *cantiere*, si intende il luogo dove si svolgono:

- lavori di costruzione di nuovi edifici;
- lavori di riparazione, trasformazione, ampliamento o demolizione di edifici esistenti;
- opere pubbliche;
- lavori di movimentazione di terra;
- lavori simili.

CEI 64-8/7
art. 704.1.1

Dal presente volume potranno trarre utili indicazioni anche le imprese edili e quanti altri sono coinvolti nell'impianto elettrico dei cantieri.

Negli ambienti ordinari l'impianto elettrico termina alle prese a spina, perché la parte a valle è in genere fornita dall'utente. Nei cantieri, invece, una parte importante della distribuzione elettrica è situata a valle delle prese a spina: basti pensare ai cavi flessibili che dal quadro generale alimentano i quadretti prese. Per questo motivo, nei cantieri, per impianto elettrico si intende sia la parte fissa, sia quella mobile, salvo i cavi flessibili che fanno parte degli apparecchi utilizzatori.

CEI 64-8/2
art. 21.1

Agli impianti elettrici dei servizi accessori quali baracche per uffici, mense, dormitori e servizi igienici, si applicano le norme generali impianti e si rinvia alla guida blu n. 1 "Edifici civili".

CEI 64-8/7
art. 704.1.5

CEI 64-8/7
art. 704.1.1

IMPIANTO DI CANTIERE

Le soluzioni prospettate nel presente volume sono conformi alle norme CEI, ma non sono esclusive: esse costituiscono soltanto un esempio di regola d'arte.

È stato completamente recepito quanto indicato nei commenti alla norma CEI 64-8, anche quando sono solo raccomandazioni.

Per quanto non espressamente richiamato nel volume valgono le norme CEI, a cui occorre comunque riferirsi, in particolare alla norma CEI 64-8.

Si ricorda infine che gli impianti elettrici nei cantieri non sono soggetti a progettazione obbligatoria da parte di un professionista né da parte del responsabile tecnico dell'impresa installatrice, secondo quanto previsto dal DM 37/08, anche se il progetto di un professionista è consigliabile. L'installatore è in ogni caso tenuto al rilascio della dichiarazione di conformità, la quale deve essere corredata degli allegati obbligatori (Cap. 20).

DM 37/08
art. 10
comma 2

Nel presente volume non sono trattati gli impianti dei cantieri in galleria o più in generale in sotterraneo, in miniere a cielo aperto, né gli impianti alimentati con propria cabina di trasformazione, o con gruppi elettrogeni in parallelo con la rete del Distributore: sono impianti particolari per i quali occorre riferirsi ad un professionista qualificato.¹

1.2 Fornitura di energia elettrica

vedi scheda seguente

Nei cantieri considerati nel presente volume l'energia elettrica è fornita direttamente in bassa tensione dal Distributore:

- monofase (fase-neutro o fase-fase) 230 V, 50 Hz, oppure
- trifase con neutro 230/400 V, 50 Hz.

Fornitura monofase

Si ricorre a forniture monofase nei cantieri di limitata potenza; gli scaglioni di potenza impegnata sono: (1,5 - 3 - 4,5 - 6) kW, raramente 10 kW.

La consegna dell'energia viene effettuata in genere con un gruppo di misura con un contatore monofase di energia attiva, associato ad un

¹ Per gli impianti alimentati con propria cabina di trasformazione o gruppo elettrogeno vedasi rispettivamente la guida blu n. 13 "Cabine MT/BT" e n. 14 "Gruppi elettrogeni".

TABELLA 1.A - Scaglioni di potenza per fornitura monofase (fino a 10 kW di potenza impegnata).

POTENZA IMPEGNATA (kW)	POTENZA DISPONIBILE (kW)	CORRENTE DI IMPIEGO (A)
1,5	1,7	8
3	3,3	16
4,5	5	25
6	6,6	32
10	11	50

TABELLA 1.B - Scaglioni di potenza per fornitura trifase (fino a 15 kW di potenza impegnata).

POTENZA IMPEGNATA (kW)	POTENZA DISPONIBILE (kW)	CORRENTE DI IMPIEGO (A)
3	3,3	6
4,5	5	8
6	6,6	10
10	11	16
15	16,5	25

Nel presente volume vengono prese in considerazione tre tipologie di cantieri, in relazione alle dimensioni e alle dotazioni di seguito indicate.

Cantiere piccolo:

- betoniera,
- paranco elettrico,
- sega circolare,
- apparecchi portatili.

Potenza impegnata fino a 6 kW, alimentazione monofase (fase-fase o fase-neutro) 230 V.

Cantiere medio:

- betoniera,

OLTRE 15 KW forniture senza rilimitatore

SISTEMA TT (Terre separate)

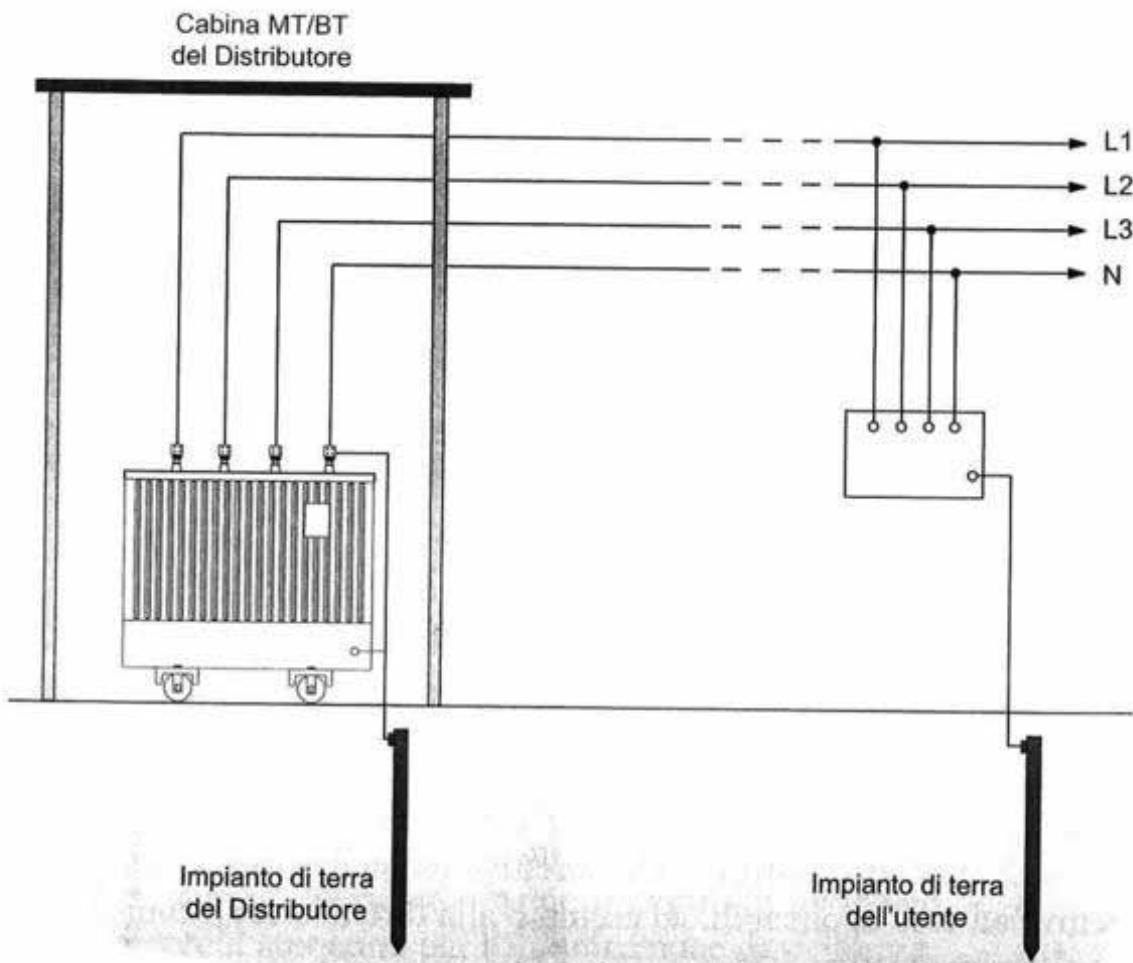


FIGURA 1.1 – Nel sistema TT il neutro del Distributore e le masse dell'utente sono collegati a impianti di terra separati.

- gru a torre,
- sega circolare,
- piegaferro,
- macchina puliscitavole,
- macchina per intonaco premiscelato,
- apparecchi portatili.

Potenza disponibile 25 kW, alimentazione trifase 230/400 V.

Cantiere grande:

- impianto di betonaggio,
- betoniera,

- gruetta,
- gru a torre (di notevoli dimensioni),
- sega circolare,
- piegaferro,
- macchina puliscitavole,
- macchina per intonaco premiscelato,
- saldatrice,
- macchina preparazione sotterranei per pavimentazione,
- apparecchi portatili.

Potenza disponibile 50 kW, alimentazione trifase 230/400 V.

1.4 Conformità alle norme dei componenti

Tutti i componenti elettrici utilizzati devono essere a regola d'arte e idonei all'ambiente d'installazione.

Il materiale elettrico soggetto alla direttiva bassa tensione immesso sul mercato dopo il 1° gennaio 1997 deve essere marcato CE.

Apponendo la marcatura CE, il costruttore dichiara che il prodotto è a regola d'arte, essendo conforme alla direttiva bassa tensione e alle altre direttive ad esso applicabili, ad esempio alla direttiva sulla compatibilità elettromagnetica.

Per il materiale elettrico non soggetto alla direttiva bassa tensione, ad esempio le prese a spina, l'installatore può ricorrere a prodotti con un marchio di conformità alle norme, ad esempio dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità (IMQ).

Mentre la marcatura CE è obbligatoria, il marchio IMQ è volontario. Il marchio IMQ, che può accompagnare la marcatura CE, sta ad indicare che secondo l'Istituto Italiano del Marchio di Qualità il prodotto è conforme alle norme relative, avendo in particolare superato la sequenza di prove previste.

Per il materiale elettrico non soggetto alla direttiva bassa tensione e quindi senza marcatura CE, privo di un marchio di qualità è opportuno che l'installatore richieda al costruttore o al suo mandatario/importatore, la dichiarazione che è costruito a regola d'arte ai sensi degli artt. 5 e 6 del DM 37/08.

E sufficiente che tale dichiarazione compaia sul catalogo.

DM 37/08

art. 5

art. 6

DLgs 02/05
++ 81/08

Riutilizzo di componenti elettrici

L'impianto elettrico di cantiere è per sua natura temporaneo e i componenti elettrici sono spesso riutilizzati in più cantieri.

Si pone quindi il problema di verificare non solo la conformità dei componenti alle norme, ma anche la loro idoneità e lo stato di manutenzione.

Inoltre i componenti elettrici idonei per un cantiere potrebbero non esserlo per un altro cantiere. Ad esempio, un quadro elettrico con interruttori automatici con potere di cortocircuito (di interruzione) adatto per un piccolo cantiere, dove le correnti di cortocircuito sono limitate, potrebbe non essere adatto in un grande cantiere dove le correnti di cortocircuito sono più elevate (par. 3.3).

Non devono essere riutilizzati i materiali che siano in cattivo stato di manutenzione.

Particolare cura deve essere posta nel controllo dei cavi flessibili, soggetti a facile deterioramento. In ogni caso, si consiglia di non riutilizzare cavi flessibili che siano già stati utilizzati per uso mobile per un periodo superiore a tre o quattro anni.

Lo stesso controllo deve essere esercitato sui componenti elettrici (quadri, apparecchi portatili, prese a spina, ecc.) introdotti nel cantiere dalle varie imprese. Si ricorda infine il controllo periodico degli eventuali apparecchi autonomi per l'illuminazione di sicurezza.

20 DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

È esclusivo compito dell'installatore rilasciare la dichiarazione di conformità, come richiesto dall'art. 7 del DM 37/08.

L'impresa installatrice deve dichiarare che l'impianto è conforme alla regola dell'arte e che ha utilizzato componenti a regola dell'arte ed adatti all'ambiente.

La dichiarazione di conformità deve essere rilasciata "al termine dei lavori" (DM 37/08, art. 7) mentre l'impianto elettrico di cantiere è in continua evoluzione e non sembra mai terminato. Possono pertanto sorgere delle perplessità su quando rilasciare la dichiarazione di conformità: nel dubbio qualcuno potrebbe approfittarne per rinviare... fino alla chiusura del cantiere. Sembra ragionevole considerare terminato l'impianto con l'installazione dei quadri di distribuzione, generale e secondari. Ciò indipendentemente dai quadri di presa a spina i quali devono essere previsti dall'impresa installatrice, ma possono essere successivamente alimentati dal personale dell'impresa edile con l'inserzione di una spina nella presa.

In base al DPR 462/01, il datore di lavoro deve inviare la dichiarazione di conformità all'Inail ed all'Asl/Arpa entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto, par. 19.3.

DPR 462/01
art. 2

Si ricorda inoltre che:

- per gli impianti nei cantieri l'installatore non è tenuto ad inviare copia della dichiarazione di conformità allo Sportello Unico per l'edilizia;
- in base all'art. 8, comma 3, del DM 37/08, entro trenta giorni dall'allaccio della nuova fornitura, l'impresa edile che gestisce il cantiere deve inviare al Distributore copia della dichiarazione di conformità.

La dichiarazione deve essere redatta in cinque copie: quattro copie da consegnare al committente e una copia da conservare nell'archivio dell'impresa installatrice, fig. 20.1.

Alla dichiarazione di conformità devono essere allegati (obbligatoriamente) i seguenti documenti:

- 1) relazione con tipologie dei materiali utilizzati,
- 2) schema o tabella schematica dell'impianto realizzato,¹
- 3) copia del certificato di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali.

Il rapporto di verifica dell'impianto è un allegato facoltativo.²

¹ Lo schema è sostituito dal progetto del professionista, quando esistente, purché risponda all'impianto realizzato. Il progetto dell'impianto elettrico dei cantieri non è richiesto dal DM 37/08.

² È interesse degli installatori che eseguono le verifiche, dimostrare di averle fatte, e tenuto conto che con il software SPIN DICO la predisposizione del suddetto allegato non comporta alcun lavoro (l'unico dato richiesto è il valore della resistenza di terra misurato), conviene allegare il rapporto di verifica alla DICO.

FLUSSO DICHIARAZIONE CONFORMITÀ

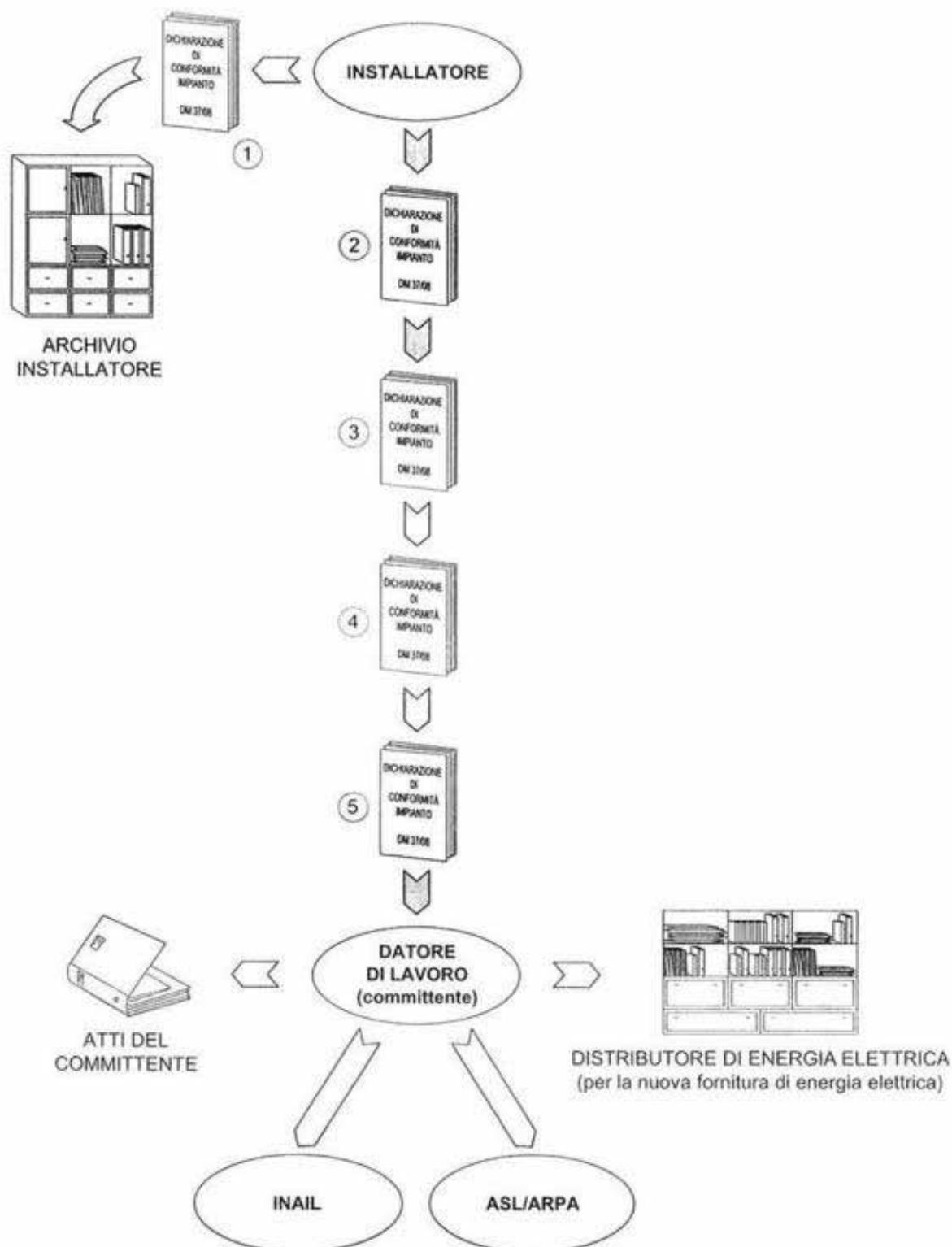


FIGURA 20.1 – Flusso della dichiarazione di conformità per impianti installati nei cantieri (DM 37/08).

2 SCELTA DEI CAVI

2.1 Tipi di cavi

Per la realizzazione degli impianti nei cantieri si possono adottare i seguenti tipi di cavi (conduttori in rame):

FROR 450/750 V cavo multipolare, con isolamento e guaina in PVC, per *posa fissa* all'interno; ¹

N1VV-K cavo unipolare o multipolare, con isolamento e guaina in PVC, per *posa fissa*, adatto anche per posa interrata (cavo spesso irreperibile sul mercato);

FG7R 0,6/1 kV cavo unipolare o multipolare, isolato in gomma (G7) con guaina in PVC, per *posa fissa*, adatto anche per posa interrata;

H07RN-F cavo unipolare o multipolare, isolato in gomma sotto guaina esterna in policloroprene (commercialmente denominato "neoprene"), resistente all'acqua e all'abrasione, per *posa mobile*; ²

H07BQ-F cavo multipolare, isolato in EPR e guaina in poliuretano, resistente all'acqua e all'abrasione, per *posa mobile*.

CEI 20-40
CEI 20-67

CEI 20-14
CEI 20-22

CEI 20-13
CEI 20-22

CEI 20-19
CEI 20-35

CEI 20-19
CEI 20-35

¹ Cavo soggetto a certificato di sorveglianza IMQ, con riferimento alle norme CEI 20-20 e CEI 20-22, per il quale è ammessa la posa temporanea all'esterno (non può essere utilizzato per la posa permanente).

CEI 20-40
art. E 4.4.8

² Nei cavi armonizzati la lettera R indica la gomma naturale o sintetica. Nella sigla dei cavi nazionali, in luogo di R si utilizza la lettera G.

Il cavo H07RN8-F è adatto per posa interrata (non diretta).

CEI 20-40
art. E 4.4.7

Gomma
posa
mobile

PVC

posa fissa

Si intendono per *posa fissa* i cavi destinati a non essere spostati durante la vita del cantiere, ad esempio nel tratto che va dal contatore di energia elettrica al quadro generale.

I cavi per *posa mobile* sono invece soggetti a spostamenti (cavi per uso mobile), ad esempio il cavo che alimenta il quadro prese a spina o un apparecchio trasportabile.

Vale la pena sottolineare che per *cavi flessibili*, propriamente detti, si intendono i cavi per posa mobile, ad esempio H07RN-F; tali cavi non vanno confusi con i cavi per posa fissa con conduttore flessibile, ad esempio H07V-K, i quali sono anche chiamati "flessibili" nel gergo comune, il che genera non poca confusione, fig. 2.1.

È opportuno ribadire che i cavi isolati in PVC, o con guaina in PVC, non sono adatti per posa mobile nei cantieri, perché il PVC a bassa temperatura diventa rigido, e, se piegato o raddrizzato, si fessura. Ciò non si applica ai cavi che non sono mossi durante l'uso, cioè installati in modo fisso, fig. 2.2. Questi devono essere però posati a temperatura superiore a 5 °C se isolati e/o rivestiti con PVC.

CEI 64-8/5
art. 522.1.2

CEI 64-8/5
art. 522.1.2

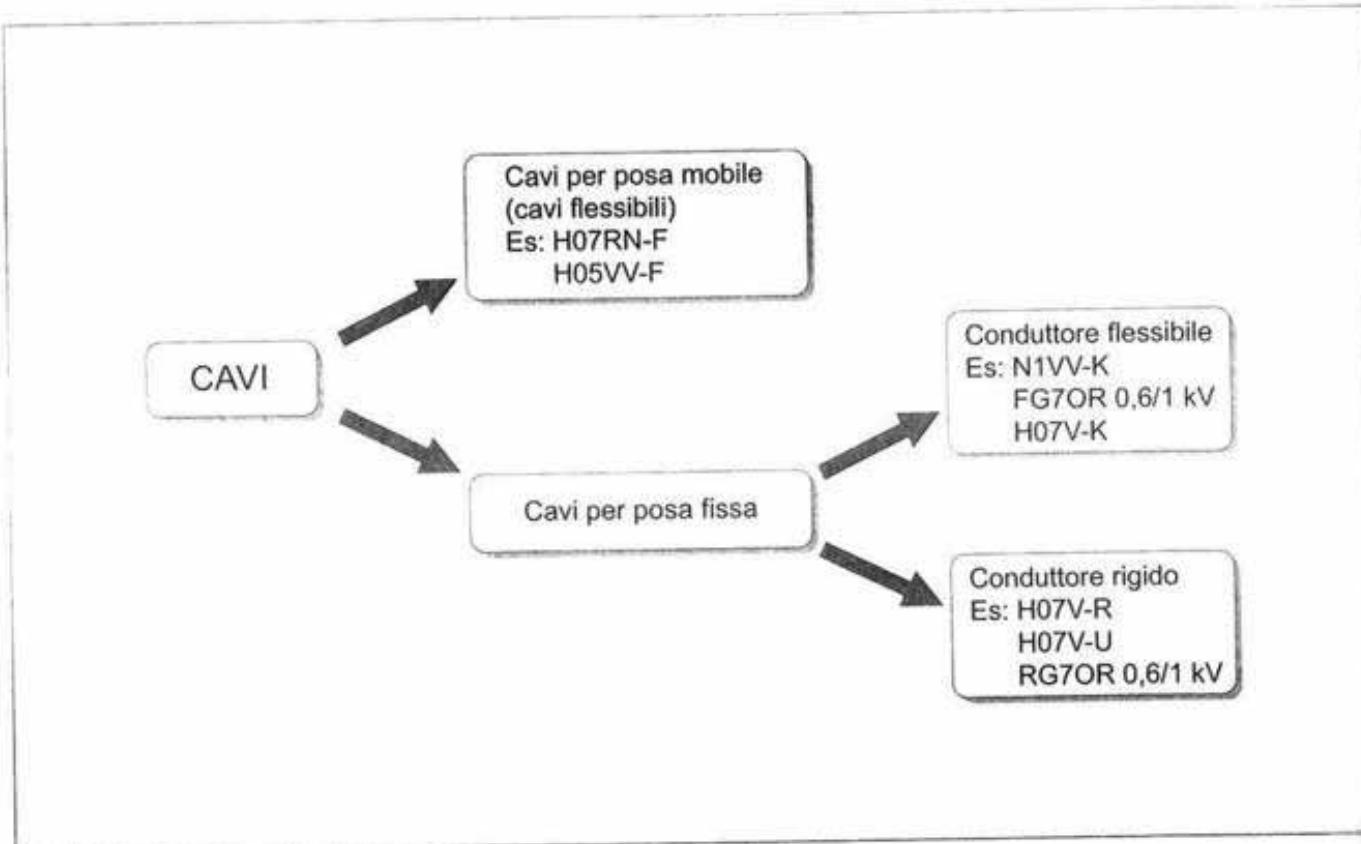


FIGURA 2.1 – I cavi flessibili, propriamente detti, sono soltanto quelli per posa mobile (non tutti i cavi sopracitati sono adatti per cantiere).

CONCLUSIONE

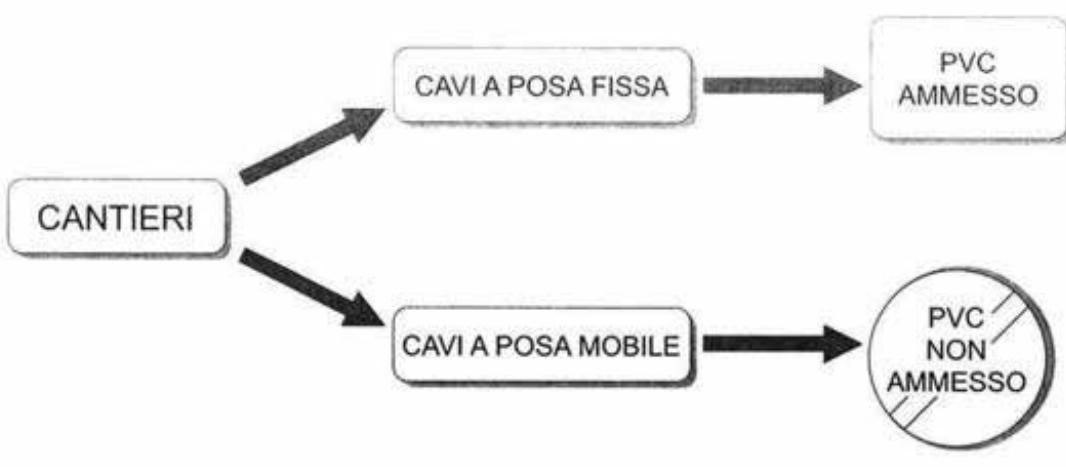


FIGURA 2.2 – Nei cantieri i cavi isolati e/o con guaina in PVC possono essere utilizzati soltanto per posa fissa.

Colori distintivi

Per i conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali, se isolati, si deve utilizzare il bicolore giallo-verde; per il conduttore di neutro, il colore blu.

La norma non richiede colori particolari per i conduttori di fase.¹

CEI 64-8/5
art. 514.3
CEI UNEL
00722

2.2 Sezione dei cavi

Per scegliere la sezione del conduttore di un cavo bisogna conoscere la portata del cavo I_z , la corrente alla quale viene impiegato I_B e la sua lunghezza per limitare la caduta di tensione.

La portata I_z

La portata I_z di un cavo è il più elevato valore di corrente che a regime il cavo può condurre, in condizioni di installazione determinate, senza superare la massima temperatura di servizio (o di funzionamento) caratteristica del tipo di isolante.

CEI 64-8/2
art. 25.5

¹ Per i conduttori di fase i colori consigliati sono nero, grigio e marrone. Finora solo consigliati, diventeranno forse d'obbligo in una prossima evoluzione normativa.

CEI 64-8/4
art. 514.3.6
art. 514.3.7

Per le forniture senza limitatore si considera come corrente di impiego I_B la corrente nominale I_n dell'interruttore posto a protezione della linea, tabelle 2.D, 2.E, 2.F.

TABELLA 2.A – Portata I_z dei cavi, in rame, multipolari, per posa aerea o su parete.

CEI UNEL
35024/1

ISOLANTE	NUMERO DI CONDUTTORI ⁽¹⁾					
	4	3	2			
PVC o gomma G						
Gomma G7				4	3	2
SEZIONE (mm ²)	PORTATA IN REGIME PERMANENTE (A)					
1,5	15,5	17,5	19,5	19	22	24
2,5	21,5	24	27	26	30	33
4	29	32	36	36	40	45
6	37	41	46	46	52	58
10	50	57	63	64	71	80
16	68	76	85	86	96	107
25	90	96	112	110	119	138
35	110	119	138	137	147	171
50	134	144	168	167	179	209
70	170	184	213	215	229	269
95	206	223	258	262	278	328
120	239	259	299	306	322	382
150	275	299	344	353	371	441
185	314	341	392	405	424	506
240	369	403	461	479	500	599

E
S
F
M
P
I
D
T
Δ
B
E
L
A

⁽¹⁾ Si considerano i conduttori che portano corrente nel servizio ordinario, cioè solo i conduttori di fase (si suppone il carico equilibrato). Solo in caso di carichi fortemente squilibrati, o in presenza significativa di armoniche, si deve considerare caricato il conduttore di neutro; non è invece mai da considerare il conduttore di protezione.

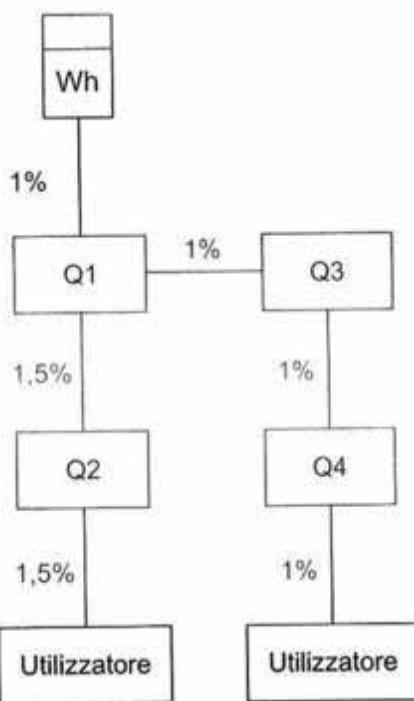
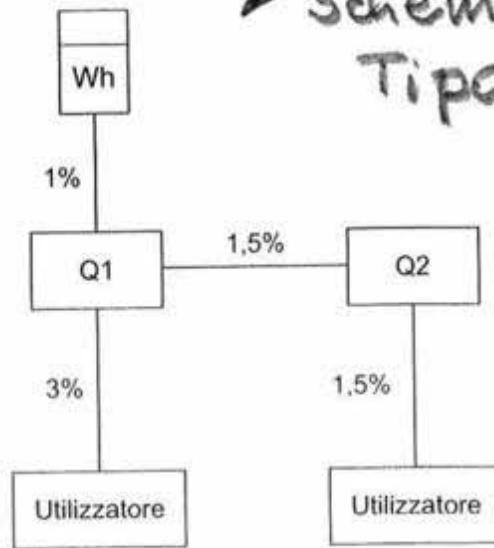
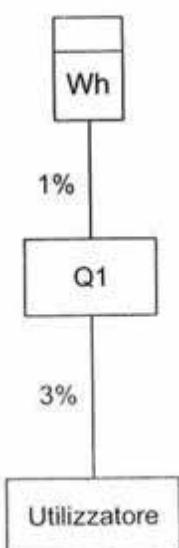
La tabella può essere usata anche per i cavi posati a soffitto.

CADUTA TENSIONE ENTRO 4%

Analogamente per una caduta di tensione dello 0,5% si ottiene:

$$L = 30 \times 0,5 = 15 \text{ m}$$

Schemi
Tipo



DIPENDE DALLA
LUNGHEZZA
DEI CAVI E
DALLE CORRENTI
IMPIEGATE

LEGENDA

Q1: Quadro generale

Q2 - Q3 - Q4: Quadri secondari

FIGURA 2.3 – Esempi di ripartizione della massima caduta di tensione del 4%.

ESEMPIO TABELLA CORRENTI MOTORI

TABELLA 2.B – Corrente nominale dei motori monofase a 230 V.

POTENZA NOMINALE (kW)	CORRENTE NOMINALE (A)
0,12	0,92
0,18	1,24
0,25	1,79
0,37	2,58
0,55	3,63
0,75	4,88
1,1	6,40
1,5	8,80
2	11,5

TABELLA 2.C – Corrente nominale dei motori trifase, a 2 o 4 poli con rotore a gabbia.

POTENZA NOMINALE (kW)	CORRENTE NOMINALE (A)	
	(230 V)	(400 V)
0,37	1,72	0,98
0,55	2,68	1,52
0,75	3,34	1,9
1,1	4,30	2,52
1,5	6,22	3,61
2,2	8,32	4,75
3	11	6,3
4	13,7	8,1
5,5	19	10,9
7,5	26	14,7
11	37	21
15	50	28,5
18,5	61	35
22	72	42
30	97	55

ESEMPIO TABELLA CADUTE

Nelle tabelle sono utilizzati i seguenti simboli con il significato accanto indicato:

- / sezione non ammessa, perché il cavo non sarebbe protetto contro il sovraccarico;
 - sezione non considerata.

TABELLA 2.E - Fornitura trifase, 230 V. Lunghezza massima della linea che alimenta il quadro generale. Caduta di tensione 1%.

SEZIONE		(mm ²)	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
PVC o gomma G		I _e (A)	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299
Gomma G7		I _e (A)	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371
Potenza impegnata (kW)	I _B (A)	I _a Interrutt. (A)	Lunghezza massima (m)										
6	17	20	14	21	36	56	86	119	168	230	-	-	-
10	31	32	8	11	20	31	47	65	92	126	162	-	-
15	46	50	/	8	13	21	32	44	62	85	109	135	-
20	63	63	/	/	10	15	23	32	45	62	79	99	118
25	80	80	/	/	/	12	18	25	36	49	63	78	93
30	100	100	/	/	/	/	15	20	28	39	50	62	74

TABELLA 2.F - Fornitura monofase (F-F o F-N) 230 V - Lunghezza massima della linea che alimenta il quadro generale. Caduta di tensione 1%.

SEZIONE		(mm ²)	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
PVC o gomma G		I _c (A)	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344
Gomma G7		I _c (A)	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441
Potenza impegnata (kW)	I _B (A)	I _n Interrutt. (A)	Lunghezza massima (m)										
3	16	20	13	20	33	52	80	110	154	-	-	-	-
6	32	40	6	10	17	26	40	55	77	106	135	-	-
10	50	63	/	/	11	17	25	35	49	68	87	107	129

3 INTERRUTTORI AUTOMATICI

3.1 Generalità

Gli interruttori automatici più utilizzati nei cantieri hanno caratteristica di intervento di tipo "C", la cui soglia d'intervento magnetica è compresa tra $5 I_n$ e $10 I_n$.¹

CEI 23-3/1

Per consentire l'avviamento di motori con correnti di spunto elevate, è consigliabile utilizzare interruttori con caratteristica di tipo "D", per i quali la soglia d'intervento magnetica varia da $10 I_n$ a $20 I_n$.

Nei cantieri è preferibile non utilizzare fusibili per la protezione contro le sovracorrenti, anche se ammessi dalla norma. Spesso, infatti, personale inesperto sostituisce i fusibili con mezzi di fortuna. I fusibili sono tuttavia comunemente utilizzati per la protezione di prese a spina interbloccate.

**CORRENTE NOMINALE
DELL'INTERRUTTORE**

3.2 Protezione dai sovraccarichi

Ai fini della protezione contro i sovraccarichi l'interruttore automatico deve avere una corrente nominale I_n (o una corrente di regolazione) superiore, o uguale, alla corrente di impiego I_B del circuito e inferiore, o uguale, alla portata I_z del cavo:

CEI 64-8/4
att. 433.2

**CORRENTE DI
IMPIEGO** → $I_B \leq I_n \leq I_z$

PORTATA DEL CAVO

¹ Per interruttore automatico si vuole qui intendere, in breve, un interruttore automatico per la protezione contro le sovracorrenti, detto comunemente anche *interruttore magnetotermico*. L'interruttore apre automaticamente il circuito allo stabilirsi di una sovracorrente, in un tempo che dipende dalla caratteristica d'intervento.

Gli interruttori indicati nelle tabelle da 2.D a 2.Q hanno una corrente nominale che soddisfa la condizione suddetta e sono quindi adatti a proteggere contro il sovraccarico i cavi corrispondenti, indicati nella tabella stessa, purché le condizioni di posa corrispondano a quelle indicate nella tabella 2.A.

Se si utilizzano fusibili di tipo generale (gG) per la protezione contro sovraccarico, la corrente nominale I_n del fusibile deve essere scelta, in relazione alla corrente di impiego I_B del circuito ed alla portata I_z del cavo, in modo da soddisfare le condizioni:¹

CEI 32-1

$$I_B \leq I_n \leq 0,9 I_z$$

STESSA RELAZIONE
PER I FUSIBILI

Le tabelle 3.A e 3.B indicano la massima corrente nominale del fusibile adatto alla protezione contro il sovraccarico, in base a quanto suddetto.

Il dispositivo di protezione contro il sovraccarico può essere installato sia all'inizio che al fondo della linea.

Deve essere posto all'inizio del circuito solo nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio e nelle zone con pericolo di esplosione.

In mancanza di un interruttore automatico generale a valle, si possono utilizzare più interruttori automatici in parallelo se la somma delle correnti nominali non supera la portata del cavo, ad esempio $I_{n1} + I_{n2} + I_{n3} \leq I_z$.

¹ In verità, la condizione $I_n \leq 0,9 I_z$ vale solo per i fusibili con corrente nominale $I_n \geq 16$ A (essendo allo studio il valore di I_f per i fusibili con $I_n < 16$ A).

Di fatto, ciò non comporta alcun problema, poiché un fusibile con $I_n < 16$ A protegge sempre dal sovraccarico un cavo di sezione $\geq 1,5$ mm².

3.3 Protezione contro il cortocircuito

Un interruttore automatico idoneo per la protezione contro il sovraccarico è generalmente idoneo anche per la protezione contro il cortocircuito, se ha un potere di cortocircuito almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione.¹

CEI 64-8/4
art. 435.1

Tuttavia, quando la corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione è superiore a 10 kA, per garantire la protezione contro le sollecitazioni termiche del cavo per un cortocircuito all'inizio della linea, è necessario adottare cavi di sezione almeno 2,5 mm² salvo prova contraria.²

Se la fornitura del Distributore è limitata con un interruttore automatico (limitatore dell'energia prelevata), come accade nei piccoli cantieri, è possibile evitare di installare subito a valle del contatore un ulteriore interruttore automatico per proteggere dal cortocircuito il montante se ha una sezione di almeno 4 mm² (in tal caso è soddisfatta la nota relazione $I^2t \leq K^2S^2$).³

La protezione contro sovraccarico deve essere assicurata dagli interruttori automatici installati sul quadro a valle, par. 3.2.

SI MISURA IN KA

¹ La corrente presunta di cortocircuito in un punto dell'impianto è la corrente di cortocircuito che si avrebbe in quel punto se l'interruttore (o il fusibile) ivi installato fosse sostituito da un conduttore di impedenza trascurabile. Il termine "presunta" ricorda che la corrente effettiva di cortocircuito è inferiore, poiché viene limitata dall'impedenza del dispositivo di protezione e soprattutto dall'arco che si forma nella manovra di apertura.

Negli interruttori automatici per uso domestico e similare (CEI 23-3/1) viene indicato il potere di cortocircuito, cioè il valore efficace della componente simmetrica della corrente presunta di cortocircuito che l'interruttore è capace di stabilire, portare e interrompere nelle condizioni di prova specificate nella norma.

Per gli interruttori ad uso industriale (CEI 17-5) sono invece distinti i poteri di interruzione e di chiusura.

² Per utilizzare cavi di sezione di 1,5 mm², quando la corrente di cortocircuito supera 10 kA, occorre verificare che l' I^2t lasciato fluire dall'interruttore durante il cortocircuito sia inferiore a quello sopportabile dal cavo.

³ In proposito vedasi progetto CEI C.1058, prossima norma CEI 0-21 (settembre 2011). Fino all'entrata in vigore di tale norma prevedere un interruttore automatico generale.

La relazione $I^2t \leq K^2S^2$ è sempre soddisfatta nelle forniture monofase, dove l'interruttore automatico bipolare di corrente nominale 63 A, che funge da interruttore limitatore, protegge il montante di sezione almeno 6 mm² (sezione minima consigliata) anche se l'isolamento è in PVC. Nelle forniture trifase, l'interruttore automatico da 32 A, protegge il montante di sezione 4 mm² senz'altro se isolato in gomma EPR (ragionevolmente protetto se in PVC).

Per maggiori dettagli vedasi *TuttoNormel 3/03*, pag. 3 e seguenti.

Per le forniture senza limitatore, occorre installare, subito a valle del contatore, un interruttore automatico a protezione del montante, con un potere di cortocircuito almeno pari alla corrente di cortocircuito nel punto di consegna.¹

La corrente di cortocircuito nel punto di connessione alla rete è convenzionalmente stabilita in:²

- 6 kA per utenze monofase;
- 10 kA per utenze trifase fino a 33 kW (potenza disponibile);
- 15 kA per utenze maggiori di 33 kW (potenza disponibile).

Man mano che ci si allontana dal punto di consegna dell'energia la corrente di cortocircuito diminuisce, a causa dell'impedenza del circuito.

Se il quadro generale è lontano dal contatore, si possono installare sul quadro generale interruttori con potere di cortocircuito (di interruzione) minore.

Data la corrente presunta di cortocircuito nel punto di consegna dell'energia elettrica, le tabelle 3.C e 3.D permettono di trovare il valore della corrente presunta di cortocircuito sul quadro generale in relazione alla distanza del contatore.³

È consigliabile non ridurre ulteriormente il potere di cortocircuito (di interruzione) nei quadri secondari, in modo che questi possano essere spostati nell'ambito del cantiere senza vincoli relativi alla corrente di cortocircuito.

GLI INTERRUTTORI CON + kA COSTANO DI +

¹ È possibile evitare di installare un interruttore automatico, anche in questo caso, se:

- il cavo non è più lungo di tre metri;
- il cavo è posato in modo da ridurre il rischio di cortocircuito e lontano da materiali combustibili;
- il luogo non è a maggior rischio in caso di incendio e non c'è pericolo di esplosione;
- la protezione contro il sovraccarico è svolta dagli interruttori automatici sul quadro di cantiere, par. 3.2.

In tal caso, però, gli interruttori automatici posti a protezione delle linee in partenza dal quadro (DGL) non possono essere in numero superiore a tre (3 DGL).

² Progetto CEI C.1058, prossima norma CEI 0-21 (settembre 2011). Fino all'entrata in vigore di tale norma chiedere al Distributore.

³ Per questo calcolo sono stati assunti valori della resistenza a 20 °C e della reattanza dei cavi unipolari come da tabella CEI UNEL 35023.

TABELLA 3.C – Riduzione della corrente di cortocircuito con la lunghezza della linea, dal punto di consegna dell'energia elettrica al quadro generale.
Sistema monofase 230 V.

SEZIONE (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
LUNGHEZZA MINIMA DELLA LINEA, IN METRI, PER RIDURRE LA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO (I_k)															
da 6 kA a 4,5 kA															
da 6 kA a 3 kA															
	0,6	1,0	1,7	2,5	4,1	6,4	9,8	13,3	17,4	23,7	30,5	36,3	41,7	47,7	55,4
	1,7	2,9	4,6	6,8	11,4	17,9	27,7	37,8	49,9	68,8	89,6	107,6	124,3	142,7	166,1

TABELLA 3.D – Riduzione della corrente di cortocircuito trifase con la lunghezza della linea, dal punto di fornitura dell'energia elettrica al quadro generale.
Sistema trifase 400 V.

SEZIONE (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
LUNGHEZZA MINIMA DELLA LINEA, IN METRI, PER RIDURRE LA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO															
I_k (kA) da 15 kA ai valori indicati nella prima colonna															
10	1,0	1,7	2,7	3,9	6,5	10,1	15,4	20,6	26,7	35,5	44,4	51,7	57,8	64,0	71,7
6	2,4	3,9	6,3	9,4	15,6	24,5	38,0	51,5	67,9	92,8	119,5	142,0	161,9	182,8	208,4
4,5	3,5	5,7	9,1	13,5	22,6	35,6	55,4	75,6	100,0	137,9	179,1	214,1	245,8	279,4	320,6
I_k (kA) da 10 kA ai valori indicati nella prima colonna															
6	1,7	2,7	4,3	6,4	10,6	16,6	25,6	34,5	45,2	61,2	78,2	92,5	105,1	118,6	135,5
4,5	2,8	4,5	7,2	10,8	18,0	28,3	43,8	59,5	78,4	107,4	138,7	165,3	189,4	215,1	247,2
I_k (kA) da 6 kA a 4,5 kA															
4,5	1,3	2,1	3,3	4,9	8,2	12,8	19,7	26,6	34,8	47,4	61,0	72,6	83,4	95,3	110,8

3.4 Protezione del conduttore di neutro

Nei circuiti fase-neutro l'interruttore automatico può avere un solo polo protetto contro le sovraccorrenti, ma in tal caso il polo protetto deve essere inserito sul conduttore di fase, fig. 5.1. Ciò vale anche per i circuiti fase-fase protetti da interruttore differenziale.

CEI 64-8/4
art. 473.3.1

Nei sistemi trifasi, quando il conduttore di neutro è di sezione uguale a quella delle fasi (ad es. sezioni fino a 16 mm^2) o quando il carico è sostanzialmente equilibrato, il polo di neutro dell'interruttore quadri-polare può non essere protetto, fig. 5.2.

CEI 64-8/4
art. 473.3.2

Il carico si intende sostanzialmente equilibrato quando la corrente che può percorrere il conduttore di neutro non supera la sua portata. Nei cantieri il carico si può ritenere sostanzialmente equilibrato, nel significato suddetto, e dunque non è necessario proteggere contro il sovraccarico il conduttore di neutro anche se di sezione inferiore al conduttore di fase, come può accadere per i cavi multipolari di sezione superiore a 25 mm^2 .¹

Non essendo il neutro protetto contro il sovraccarico occorrerebbe considerare la lunghezza massima protetta in condizioni di cortocircuito in fondo alla linea. Si è tuttavia verificato che le lunghezze massime imposte dalla caduta di tensione (par. 2.2) sono inferiori alla lunghezza massima protetta dal cortocircuito e, dove non lo sono, la lunghezza è stata congruamente ridotta (tabella 2.O).

¹ D'altronde, per proteggere il neutro occorrerebbe un interruttore quadripolare con lo sganciatore sul neutro di corrente inferiore a quella delle fasi.

4 INTERRUTTORI DIFFERENZIALI

4.1 Selettività

Un interruttore differenziale può proteggere più circuiti: aumentando il numero di circuiti protetti dallo stesso interruttore differenziale non si perde in sicurezza, ma in selettività (orizzontale), nel senso che un guasto su un circuito pone fuori servizio tutti i circuiti protetti dallo stesso interruttore differenziale, fig. 4.1.¹

Due interruttori in serie sono selettivi se l'interruttore differenziale a monte è ritardato (tipo S) ed ha una soglia di intervento I_{dn} almeno tre volte quella dell'interruttore differenziale a valle, di tipo generale fig. 4.2. Per maggiori particolari vedasi la guida blu n. 2 "Strutture commerciali", par. 5.2.

CEI 64-8/5
art. 536.3

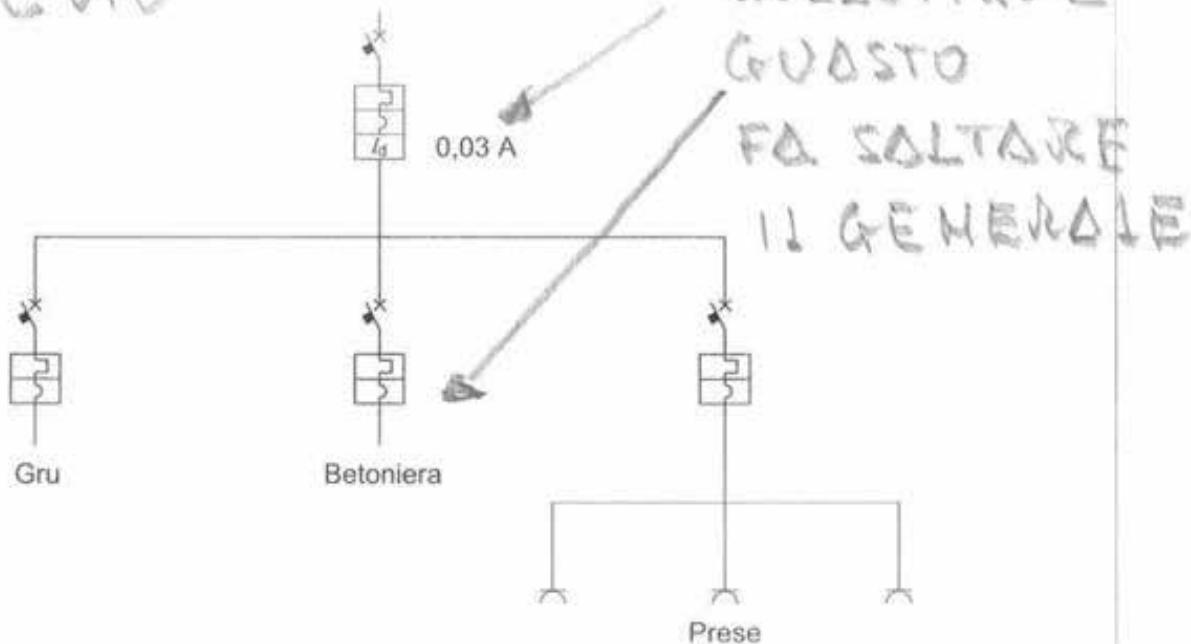
In alternativa all'interruttore differenziale di tipo S, si può utilizzare un interruttore differenziale ad uso industriale ritardabile (tempo massimo di ritardo 1 s), ma l'organo di regolazione deve essere inaccessibile al personale non qualificato (in genere è anche piombabile).

CEI 64-8/4
art. 413.1.4.2

¹ Per interruttore differenziale si intende un interruttore dotato di sganciatore differenziale, sensibile cioè alle correnti verso terra. Se l'interruttore è dotato anche di sganciatore di sovraccorrente, cioè sensibile anche alle sovraccorrenti, è in genere denominato "automatico e differenziale", oppure "magnetotermico e differenziale". Se l'interruttore è dotato solo di sganciatori differenziali è comunemente chiamato "interruttore differenziale puro".

- € VTO

a)



+ € VTO

b)

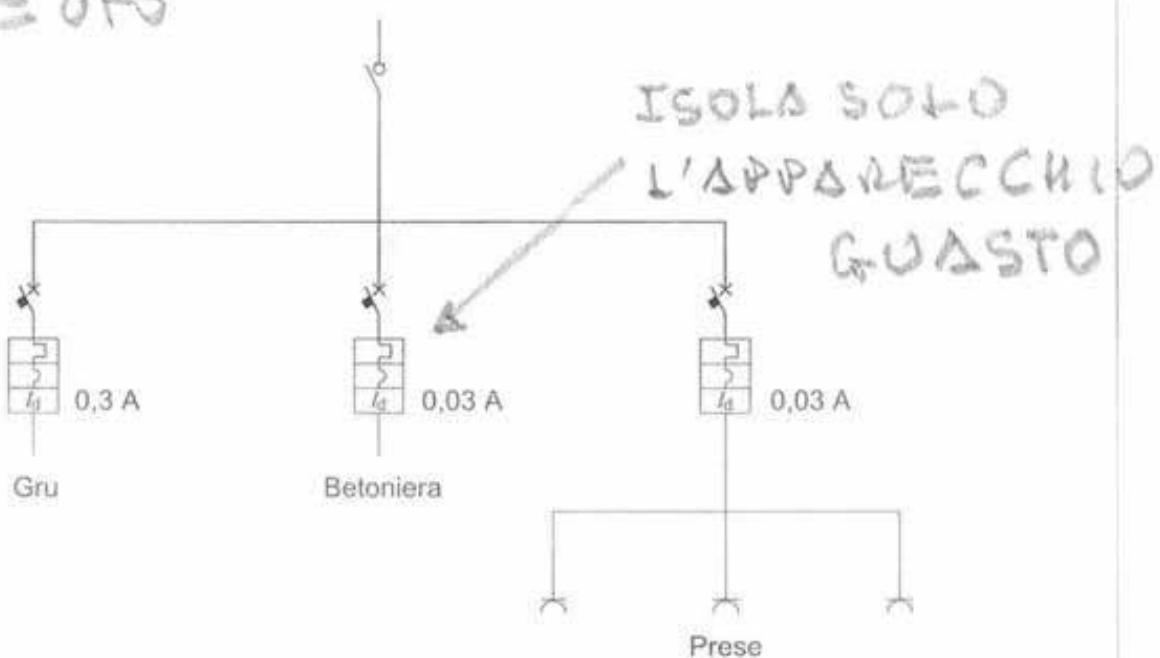
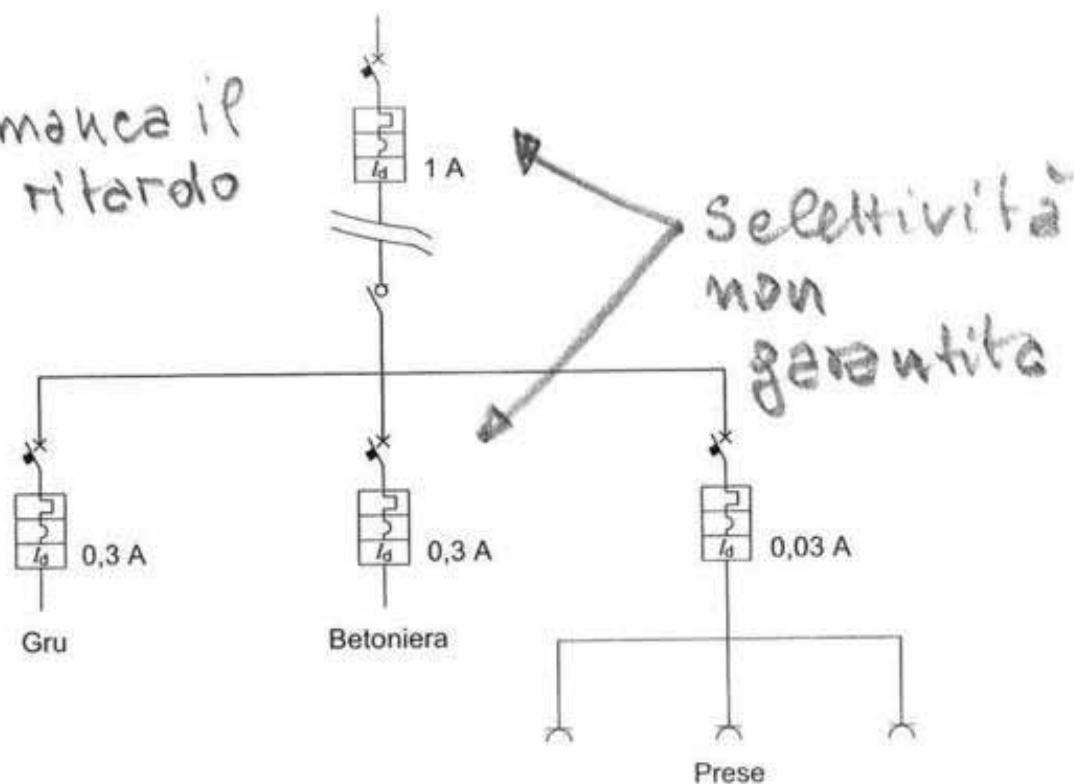


FIGURA 4.1 – Interruttori differenziali e selettività orizzontale.

- a) Un guasto a terra pone fuori servizio l'intero impianto.
 b) Un guasto a terra pone fuori servizio solo il circuito guasto.

a) manca il ritardo



b) Ritardato

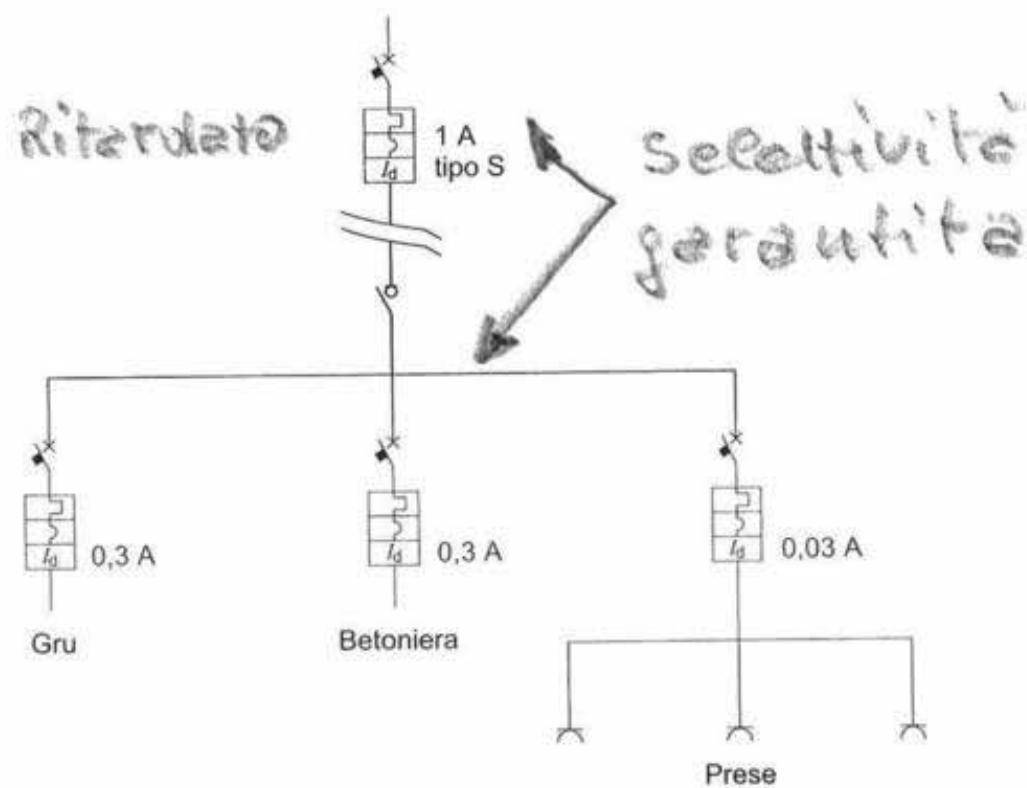


FIGURA 4.2 – Interruttori differenziali e selettività verticale.

- a) Interruttore differenziale generale non ritardato: una corrente di guasto a terra superiore a 1 A può mettere fuori servizio l'intero impianto.
- b) Interruttore differenziale generale ritardato (tipo S): una corrente di guasto a terra superiore a 1 A pone fuori servizio solo il circuito guasto.

SALVAVITA

Gli interruttori differenziali con $I_{dn} \leq 30$ mA costituiscono una protezione addizionale contro i contatti diretti.

CEI 64-8/4
art. 412.5.1

Per tale ragione, devono essere protetti con interruttori differenziali con $I_{dn} \leq 30$ mA:¹

- le prese a spina fino a 32 A;
- gli apparecchi mobili, che devono cioè essere spostati durante l'uso dall'operatore, permanentemente connessi (non alimentati tramite presa a spina), con corrente nominale fino a 32 A.

CEI 64-8/7
art. 704.41.1

4.4 Interruttori differenziali puri

Gli interruttori differenziali non dotati di sganciatori di sovraccorrente sono comunemente denominati interruttori *differenziali puri*.

Tali interruttori sono sensibili solo alle correnti verso terra: non hanno il compito di intervenire in caso di cortocircuito tra le fasi, o verso il neutro, e non hanno quindi il relativo potere d'interruzione.

Un interruttore differenziale puro potrebbe essere tuttavia indotto ad intervenire su cortocircuito, in concorrenza con i dispositivi di sovraccorrente, quando:

- la corrente di cortocircuito ha una componente verso terra, perché il guasto coinvolge in qualche modo una parte non isolata da terra, oppure
- la corrente di cortocircuito provoca lo sbilanciamento del rivelatore differenziale; questo è infatti bilanciato solo fino ad una corrente pari a sei volte la corrente nominale dell'interruttore.

CEI 23-42
art. 9.18.1

In ogni caso, l'interruttore differenziale deve sopportare la corrente di cortocircuito alla quale è sottoposto.

Il che può comportare severe sollecitazioni meccaniche e termiche per l'interruttore differenziale, specie quando la corrente è tanto elevata da provocare, per effetto elettrodinamico, il distacco dei contatti dell'interruttore.

¹ In alternativa, è ammessa la protezione con circuiti SELV o per separazione elettrica, par. 6.1.

SEZIONAMENTO RUADORI

n. 3 - Cantieri edili

57

ED ARRESTI DI EMERGENZA

SI

SI

SI

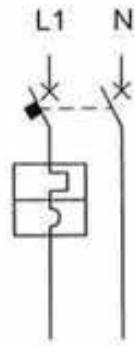
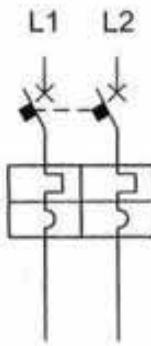
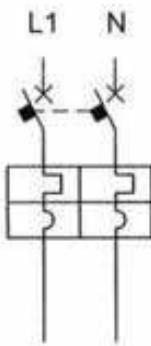


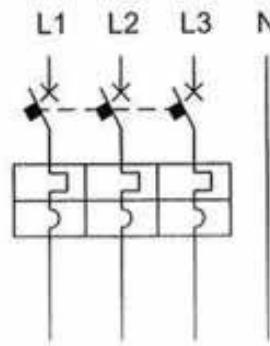
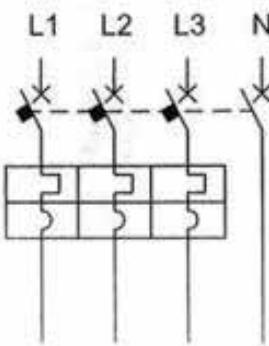
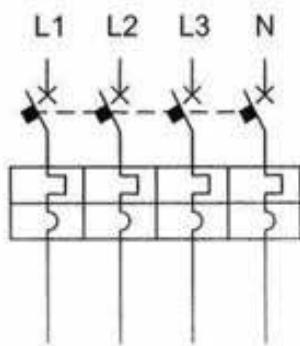
FIGURA 5.1 – Sezionamento: nei circuiti monofasi gli interruttori automatici devono interrompere sia il conduttore di fase sia il conduttore di neutro.

Sovraccorrenti: non è necessario che il polo di neutro sia protetto (par. 3.4).

SI

SI

NO



$$S_N = S_F$$

FIGURA 5.2 – Sezionamento: nei circuiti trifasi con neutro gli interruttori automatici devono essere quadripolari, devono interrompere cioè anche il conduttore di neutro.

Sovraccorrenti: quando la sezione del conduttore di neutro è uguale a quella del conduttore di fase, o il carico è sostanzialmente equilibrato, non è necessario che il polo di neutro sia protetto.

L'arresto di emergenza è un caso particolare di comando di emergenza: ha la funzione di arrestare movimenti pericolosi di macchine quali gru, paranchi e grossi impianti di betonaggio; queste macchine sono in genere dotate di dispositivo di arresto di emergenza, facente parte dell'equipaggiamento elettrico a bordo macchina e non è necessario un ulteriore comando per l'arresto di emergenza sull'impianto.

CEI 44-5
art. 9.2.5.4

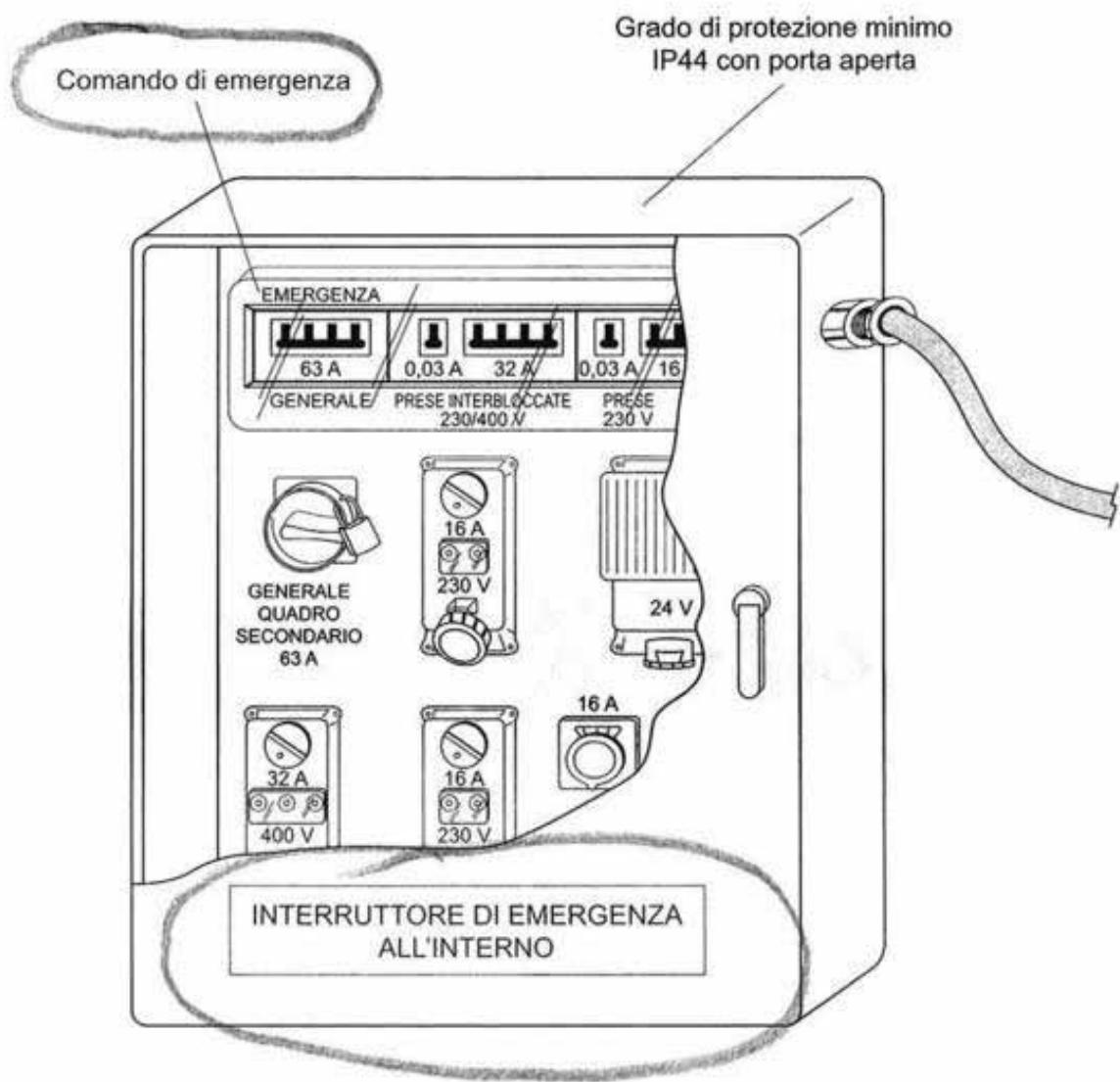


FIGURA 5.3 – Esempio di quadro generale di cantiere con porta non chiudibile a chiave. Interruttore generale con funzioni di comando di emergenza all'interno del quadro. Interruttore per l'alimentazione del quadro secondario lucchettabile; il sezionamento degli altri circuiti si attua tramite prese a spina.

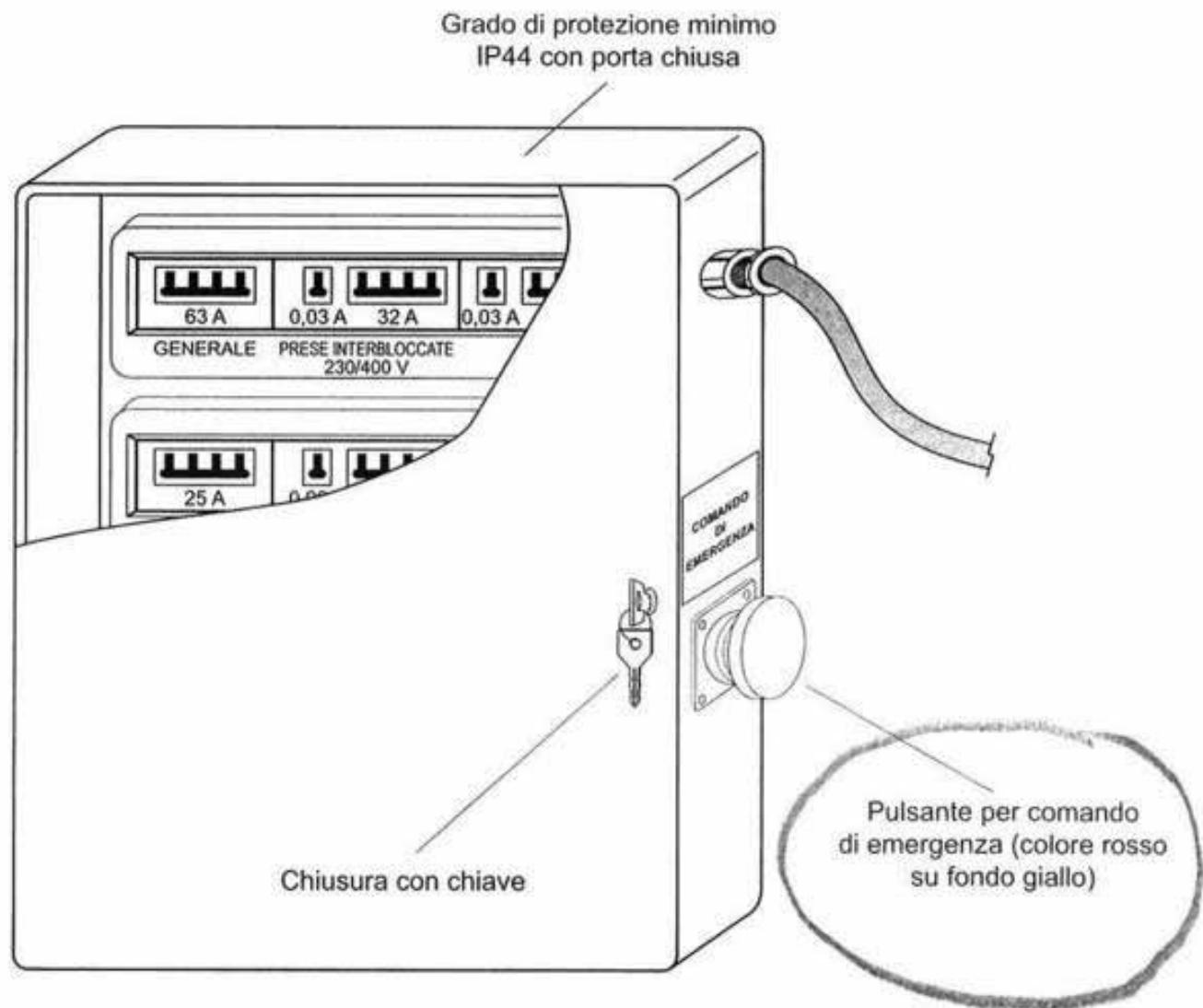


FIGURA 5.4 – Esempio di quadro generale di cantiere: porta chiudibile a chiave e pulsante di emergenza all'esterno che agisce sull'interruttore generale.

ESEMPIO DI COMANDI ED ARRESTO EMERGENZA

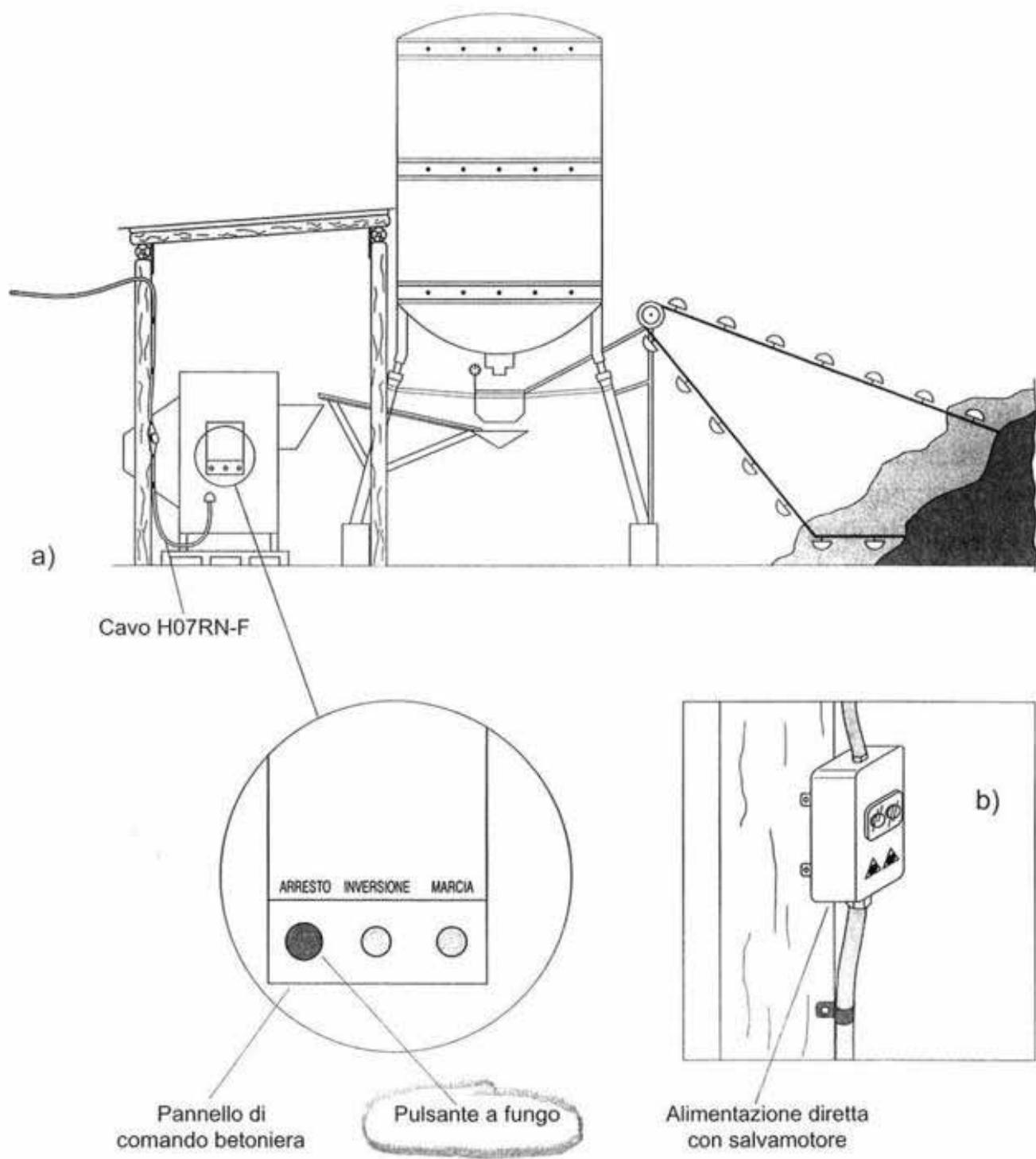


FIGURA 5.5 – Comando funzionale per impianto di betonaggio.

a) Alimentazione da presa a spina e quadro di comando (avviatore e pulsante di marcia/arresto).
 b) In alternativa alla soluzione a), si può realizzare un'alimentazione diretta tramite salvamotore con relè di minima tensione.

ESEMPIO COMANDO MOTORE

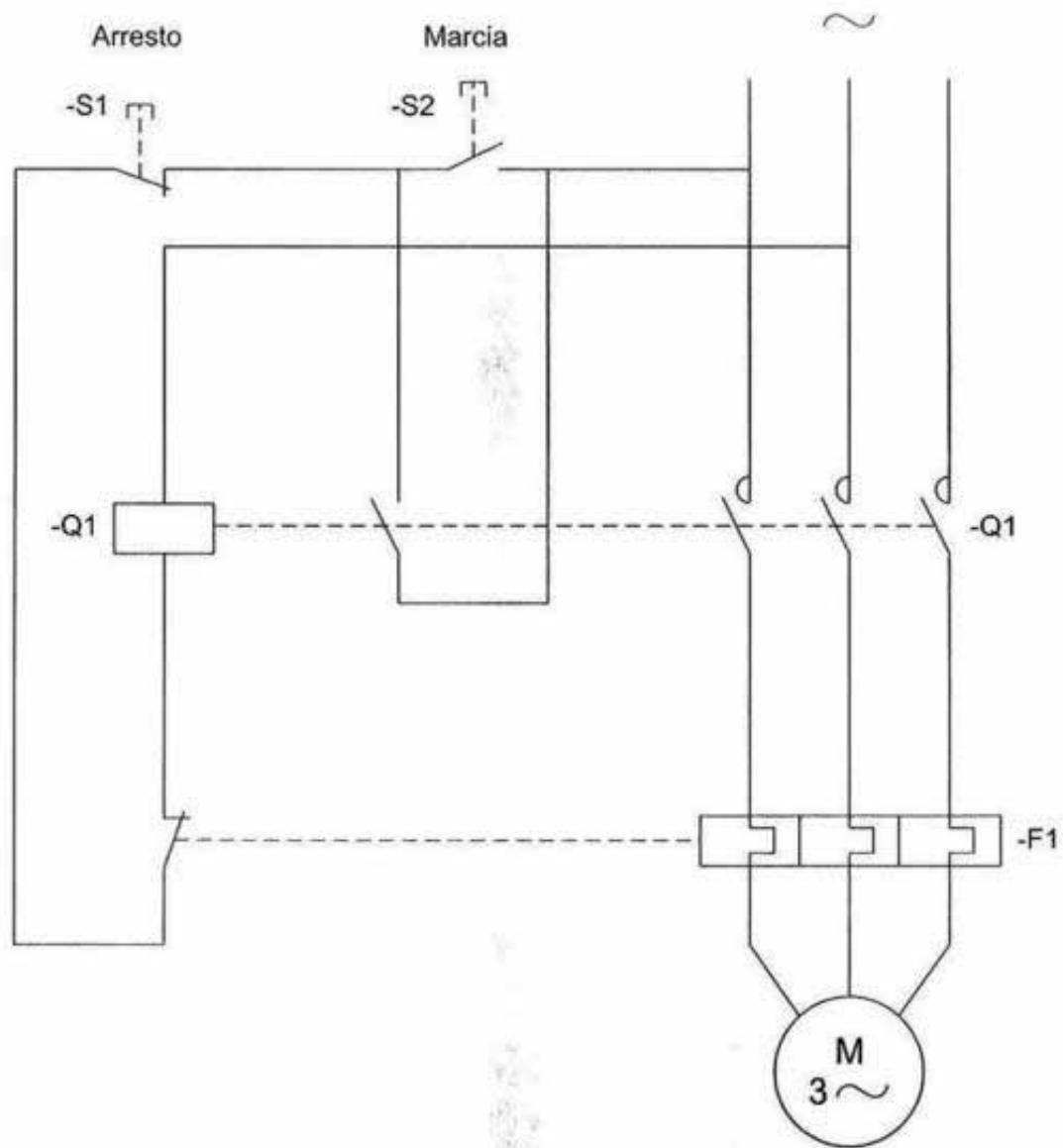


FIGURA 5.6 – Il comando di un motore tramite contattore e pulsanti di marcia e arresto, impedisce il riavviamento intempestivo del motore dopo una mancanza, o abbassamento di tensione.

6 PRESE A SPINA

6.1 Generalità

Le prese a spina costituiscono, dal punto di vista della sicurezza elettrica, uno dei punti critici dell'impianto elettrico di cantiere.

Più del 10% di tutti gli infortuni elettrici nei cantieri edili sono provocati dalle prese a spina.¹

Le prese a spina di tipo mobile, cosiddette prese a spina volanti, devono essere ad uso industriale, conformi cioè alla norma CEI 23-12/1, fig. 6.1.

CEI 64-8/7
art. 704.511.1

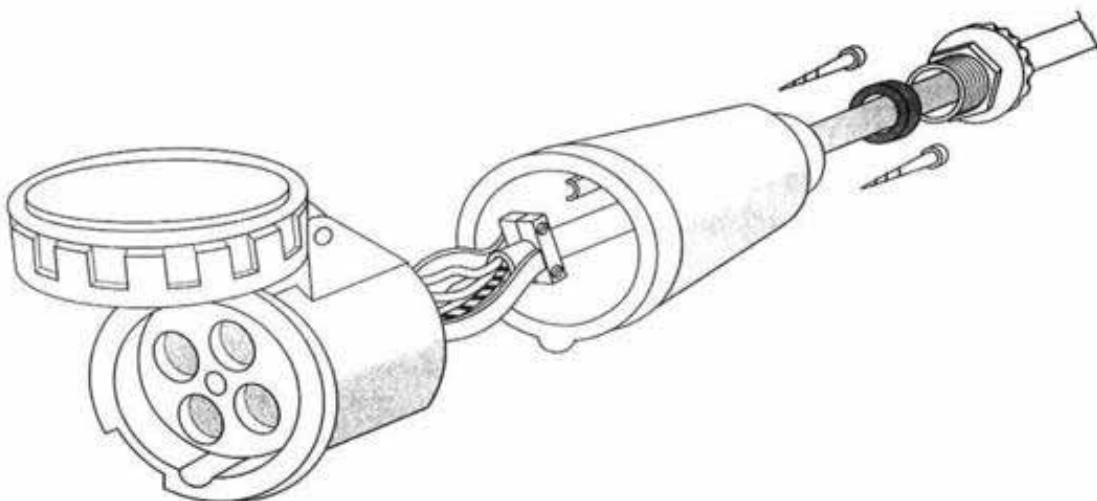
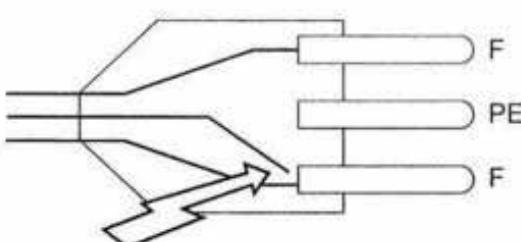
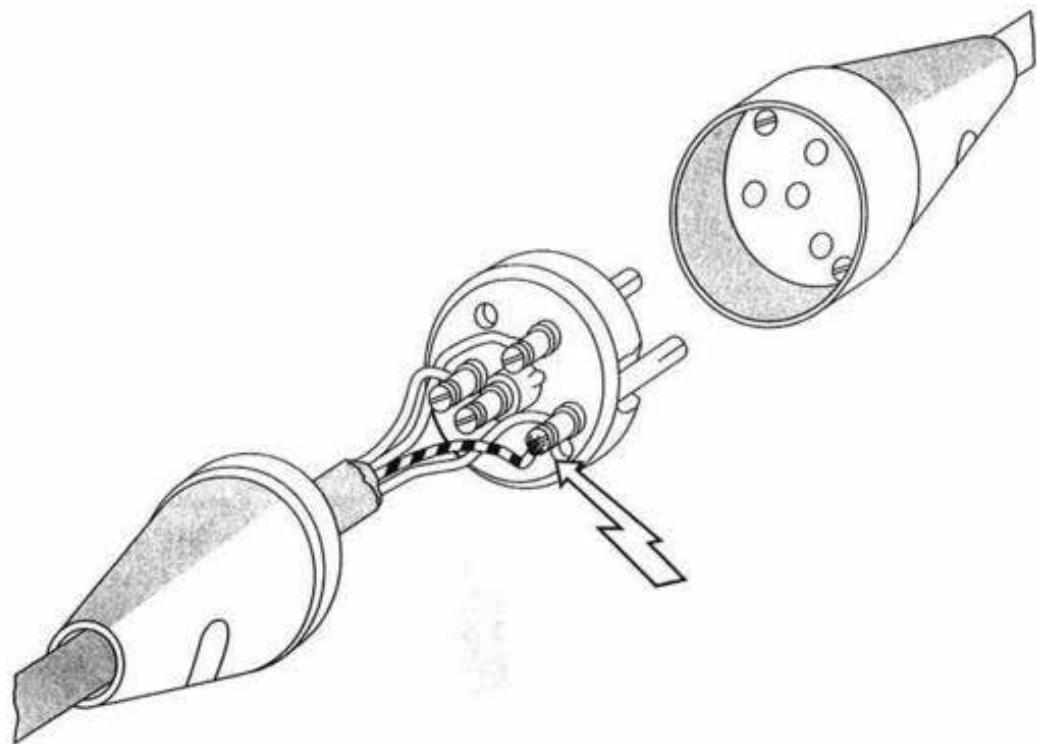


FIGURA 6.1 – Presa mobile ad uso industriale, conforme alla norma CEI 23-12/1 (tipo CEE).

¹ Rapporto sugli infortuni elettrici, supplemento a *TuttoNormel 7-8/88*.

Le prese a spina non conformi alla norma possono provocare infortuni mortali. Un esempio classico, e purtroppo frequente, è schematizzato in fig. 6.2.

Nella spina senza pressacavo, il conduttore di protezione sollecitato a trazione si distacca dal morsetto e va in contatto con il conduttore di fase: la carcassa dell'apparecchio, ad esempio la betoniera, non è più collegata a terra e assume la tensione di fase, fig. 6.2.



RISCHIO
ELEVATO

FIGURA 6.2 – Nella spina del tipo indicato in figura il conduttore di protezione, sollecitato a trazione per la mancanza del pressacavo, si stacca dal proprio morsetto e va in contatto con il conduttore di fase mettendo in tensione la carcassa dell'apparecchio alimentato.

GRADI DI PROTEZIONE ALL'ACQUA

n. 3 - Cantieri edili

67

IP

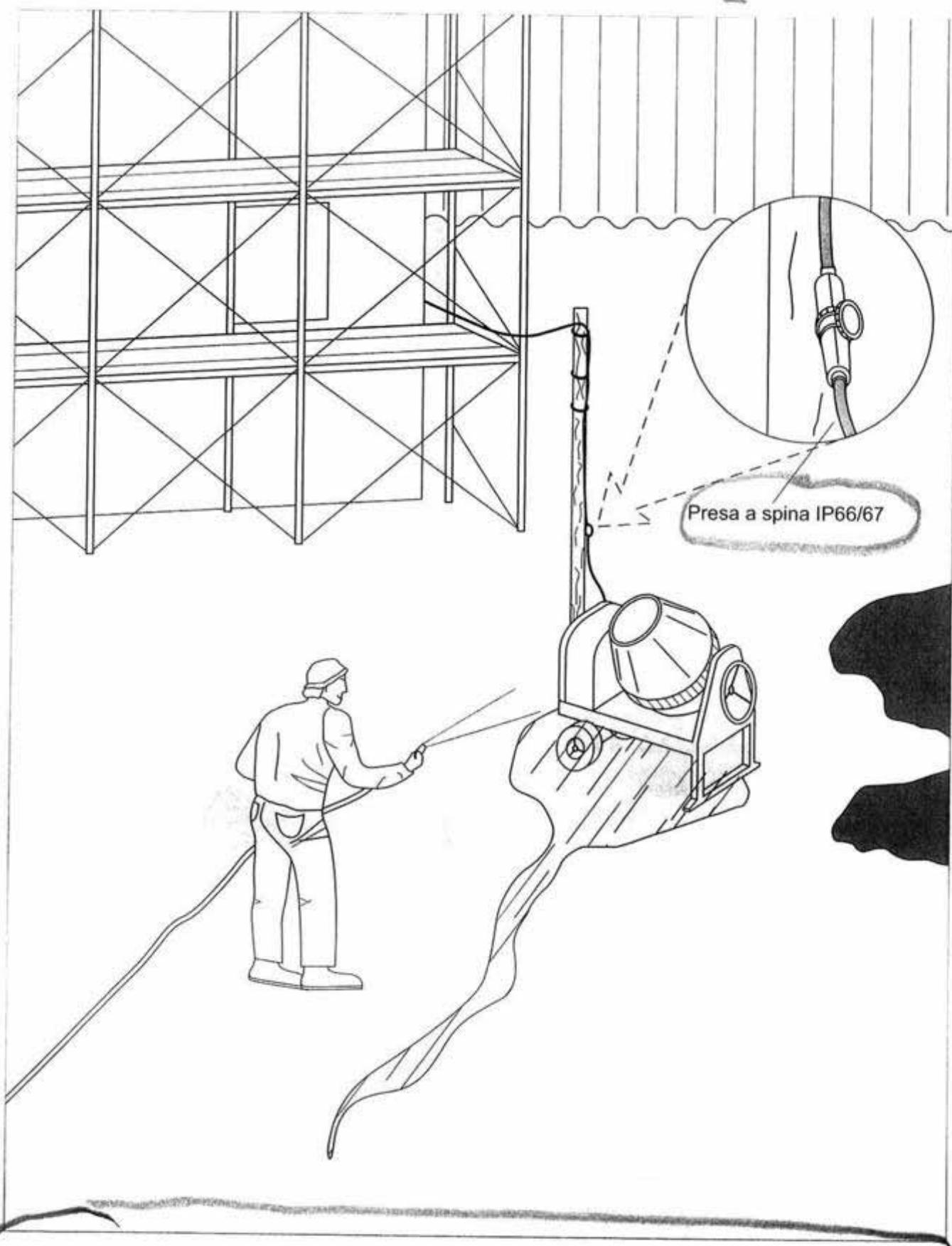


FIGURA 6.3 – Le prese a spina fisse, che possono essere soggette a getti d'acqua, devono avere un grado di protezione IP66/67.

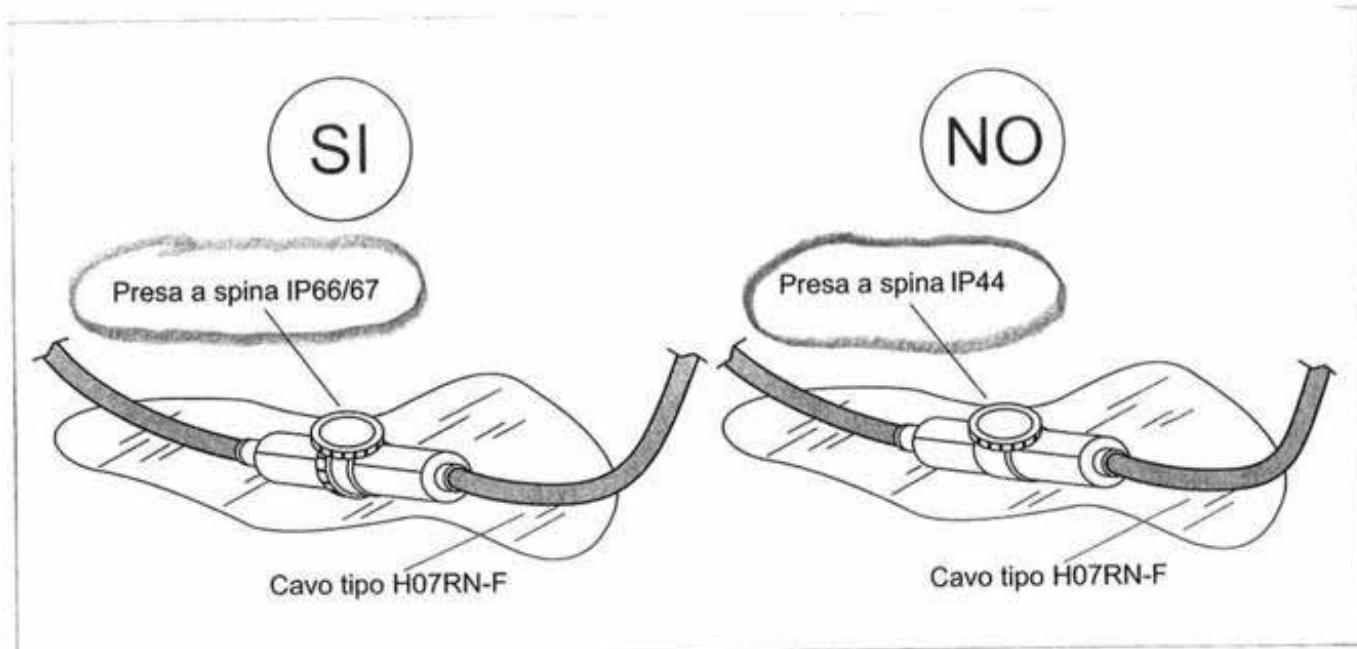


FIGURA 6.4 – Per le prese a spina mobili è indicato il grado di protezione IP66/67.

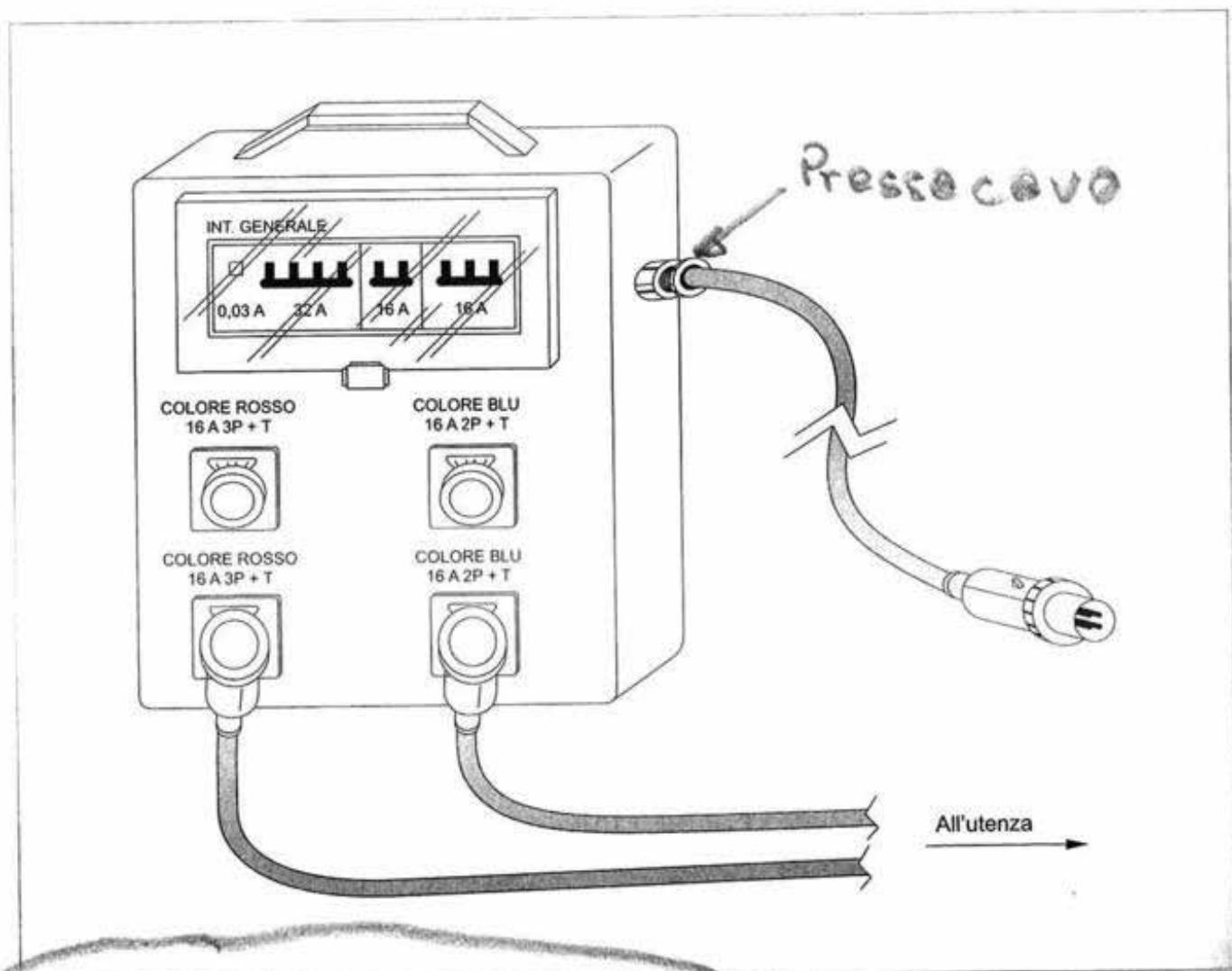
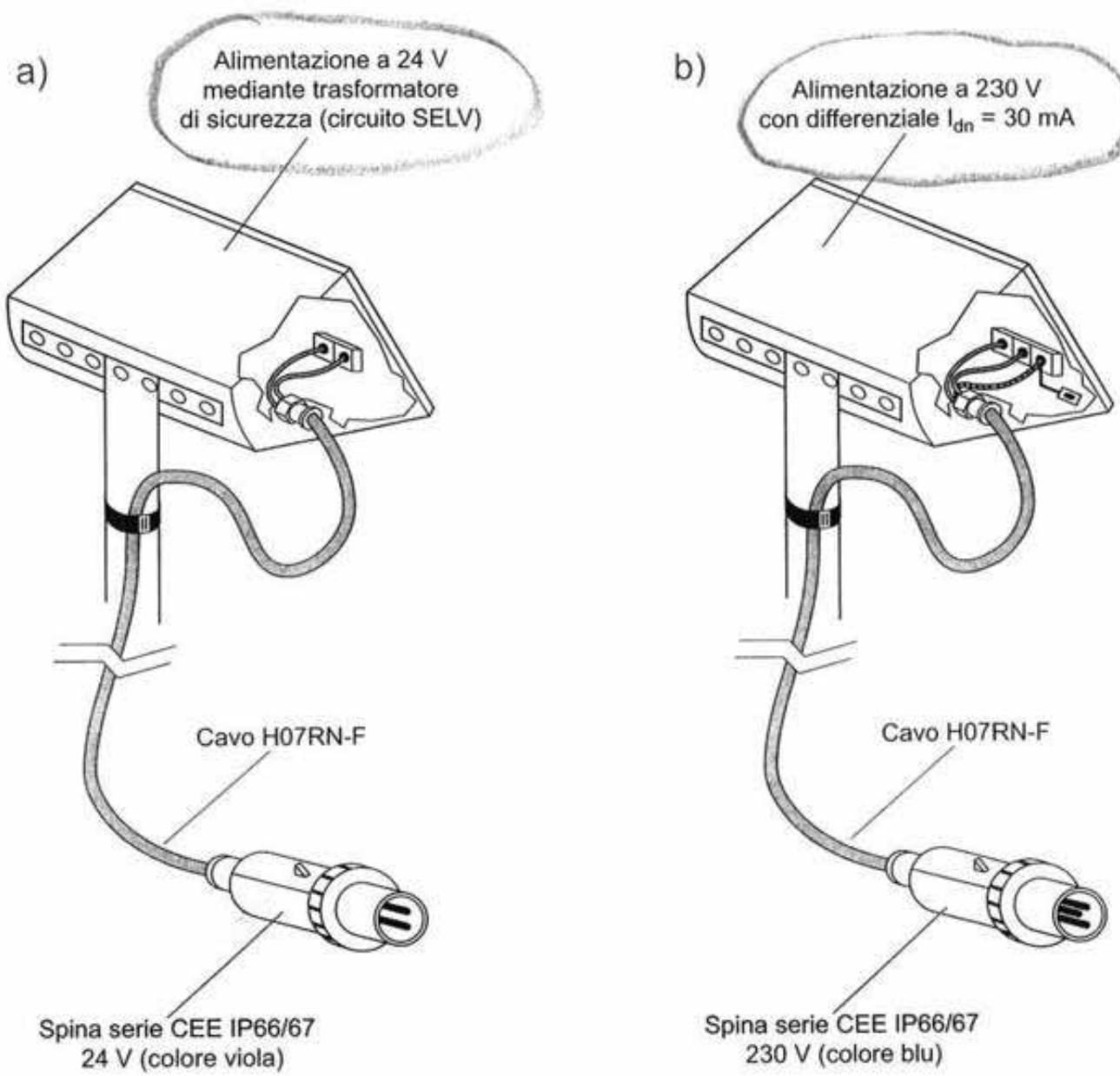


FIGURA 6.5 – Esempio di quadro prese per cantiere.



*FIGURA 6.6 – Apparecchi d’illuminazione trasportabili:
a) alimentazione a bassissima tensione di sicurezza;
b) alimentazione a 230 V.*

Nel collegare le prese trifase si deve mantenere costante il senso circolare delle fasi, ad evitare che un motore alimentato da prese diverse possa invertire il senso di marcia.

6.3 Protezione contro le sovraccorrenti

Le prese devono essere protette da un interruttore automatico, o fusibile, di corrente nominale non superiore alla corrente nominale delle prese stesse: la protezione può essere singola o comune a più prese.

Se uno stesso interruttore automatico protegge più prese, queste non potranno essere utilizzate contemporaneamente alla loro corrente nominale, ma solo per una corrente complessiva non superiore alla corrente nominale I_n dell'interruttore sudetto, fig. 6.8.

Le soluzioni impiantistiche di fig. 6.9 permettono un maggiore uso contemporaneo delle prese a spina.

CEI 64-8
art. 537.5.2

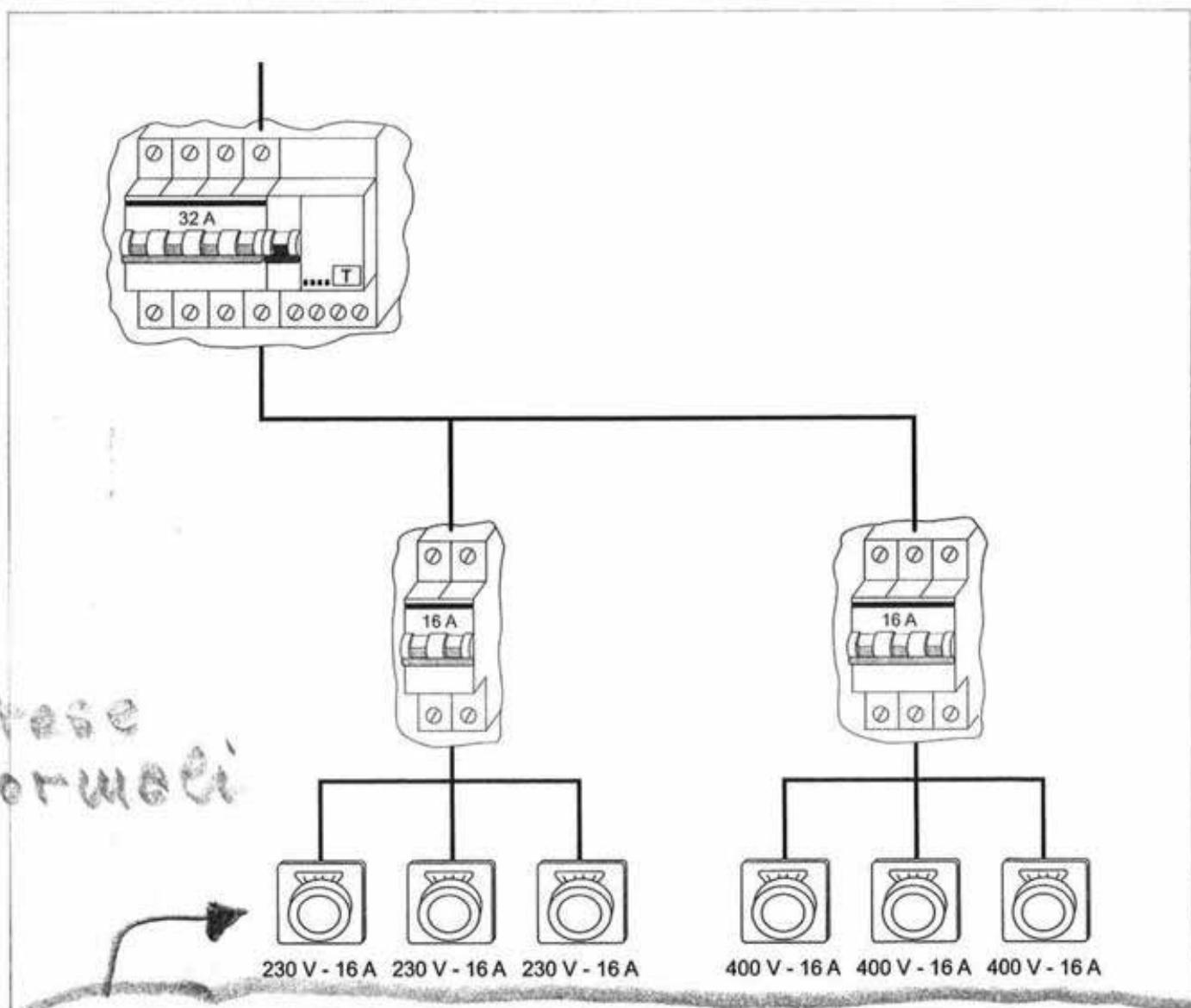


FIGURA 6.8 – Da ogni gruppo di prese non può essere derivata una corrente superiore a quella dell'interruttore (16 A).

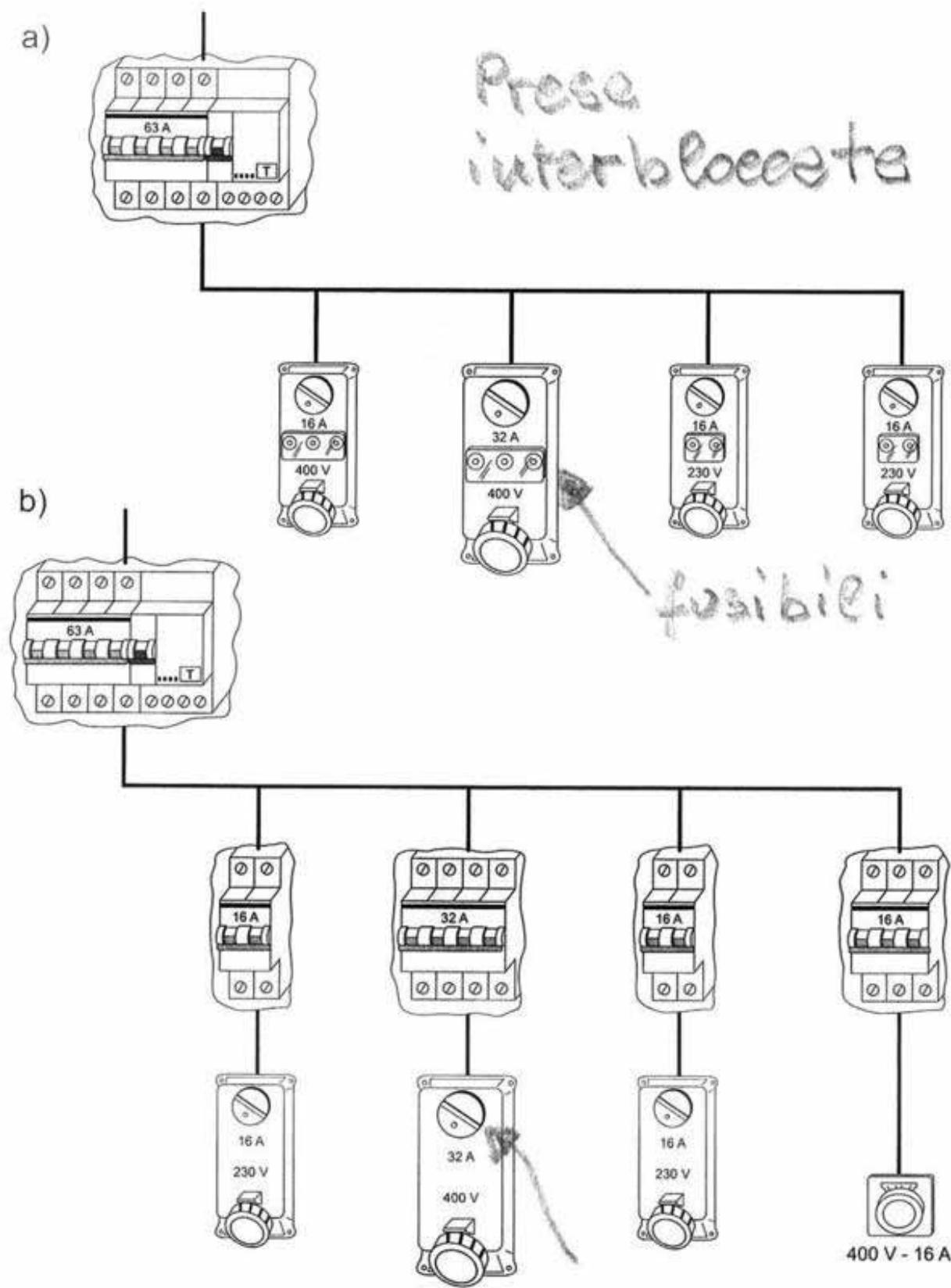


FIGURA 6.9 – Da ogni presa può essere derivata una corrente pari alla corrente nominale della presa fino ad una corrente complessiva di 63 A:

- ogni presa è protetta dalle sovraccorrenti con propri fusibili;**
- ogni presa è protetta dalle sovraccorrenti con proprio interruttore automatico.**

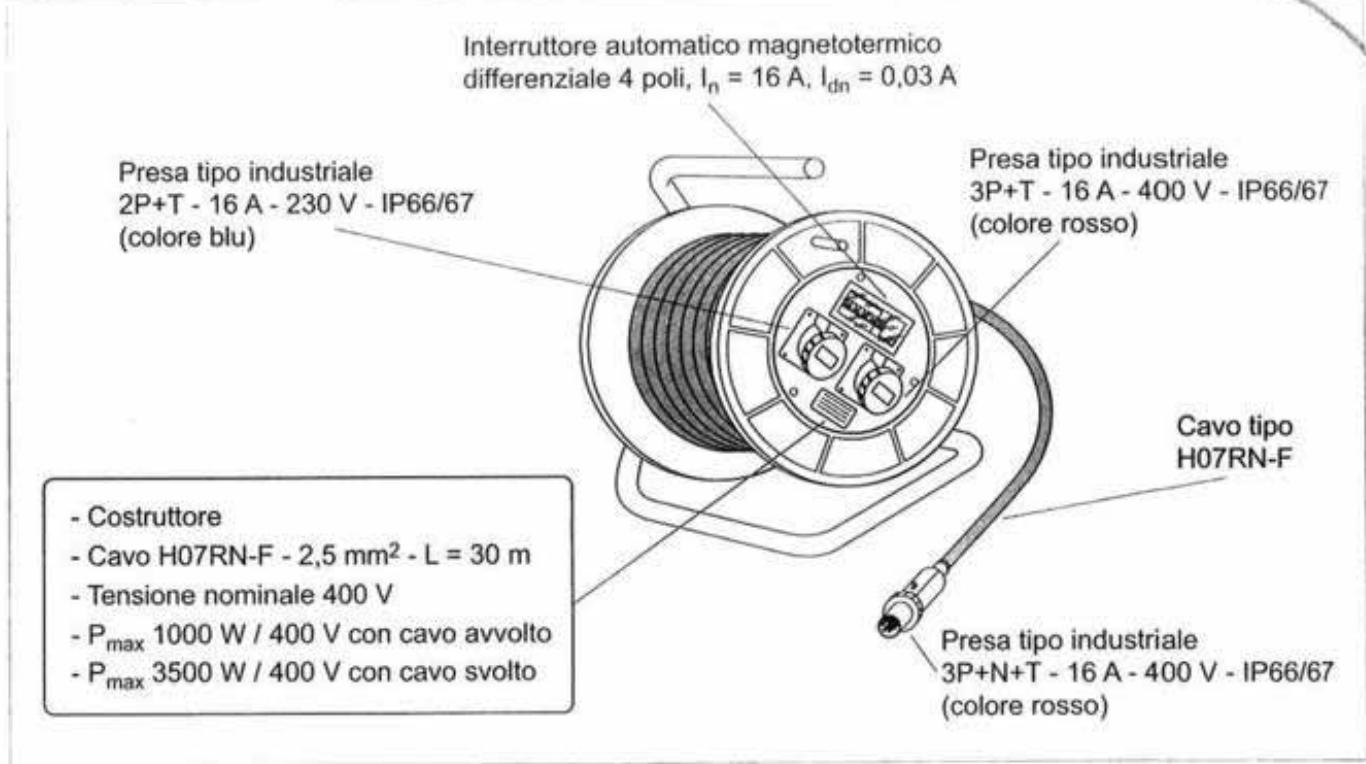


FIGURA 6.10 – Esempio di avvolgicavo adatto per cantiere.

6.4 Prese sull'avvolgicavo

NIENTE ROBA CHINESE

Gli avvolgicavi di tipo industriale sono in genere provvisti di una o più prese a spina, anch'esse di tipo industriale (CEI 23-12).

CEI 23-72

I cavi devono essere del tipo H07RN-F o equivalente.

CEI 23-72

art. 14.9

art. 23.1

Gli avvolgicavo devono essere dotati di protezione incorporata contro le sovraccorrenti o di protezione termica: il dispositivo sul quadro potrebbe, infatti, non essere adatto a proteggere il cavo dell'avvolgicavo stesso, specie se il cavo è avvolto.

L'avvolgicavo è utilizzato nei luoghi più disparati (scantinati, in prossimità di pozzanghere, luoghi soggetti a getti d'acqua, ecc.), è quindi raccomandabile che la presa a spina abbia un grado di protezione IP66/67.

Sull'avvolgicavo deve essere applicata una targa, indeleibile, con le seguenti indicazioni, fig. 6.10:

CEI 23-72

art. 7.1

- marchio o nome del costruttore;
- tipo, sezione e lunghezza del cavo;¹
- tensione nominale;
- potenza massima, con cavo completamente avvolto, ad esempio 1000 W, e con cavo completamente svolto, ad esempio 3500 W.

¹ La sezione minima è di 2,5 mm² per 16 A; 6 mm² per 32 A e 16 mm² per 63 A.

7 QUADRI ELETTRICI

7.1 Generalità

Nei cantieri sono ammessi solo quadri ASC (Apparecchiature di Serie per Cantiere) per i quali sono previste prove aggiuntive di resistenza meccanica e alla corrosione.

Ogni quadro elettrico per cantiere deve essere munito di una targa indeleibile, apposta dal costruttore, ove siano riportati in modo visibile e leggibile i seguenti dati, fig. 7.1:

- a) il nome o marchio di fabbrica del costruttore;
- b) il tipo, o numero di identificazione, o altro mezzo che renda possibile ottenere dal costruttore tutte le informazioni necessarie;
- c) EN 60439-4;¹
- d) natura e valore nominale della corrente del quadro e la frequenza per la corrente alternata;²
- e) tensioni di esercizio nominali;
- f) grado di protezione IP;
- g) massa (se superiore a 30 kg).

CEI 17-13/4
art. 1.1
art. 8.1.101
art. 8.1.102

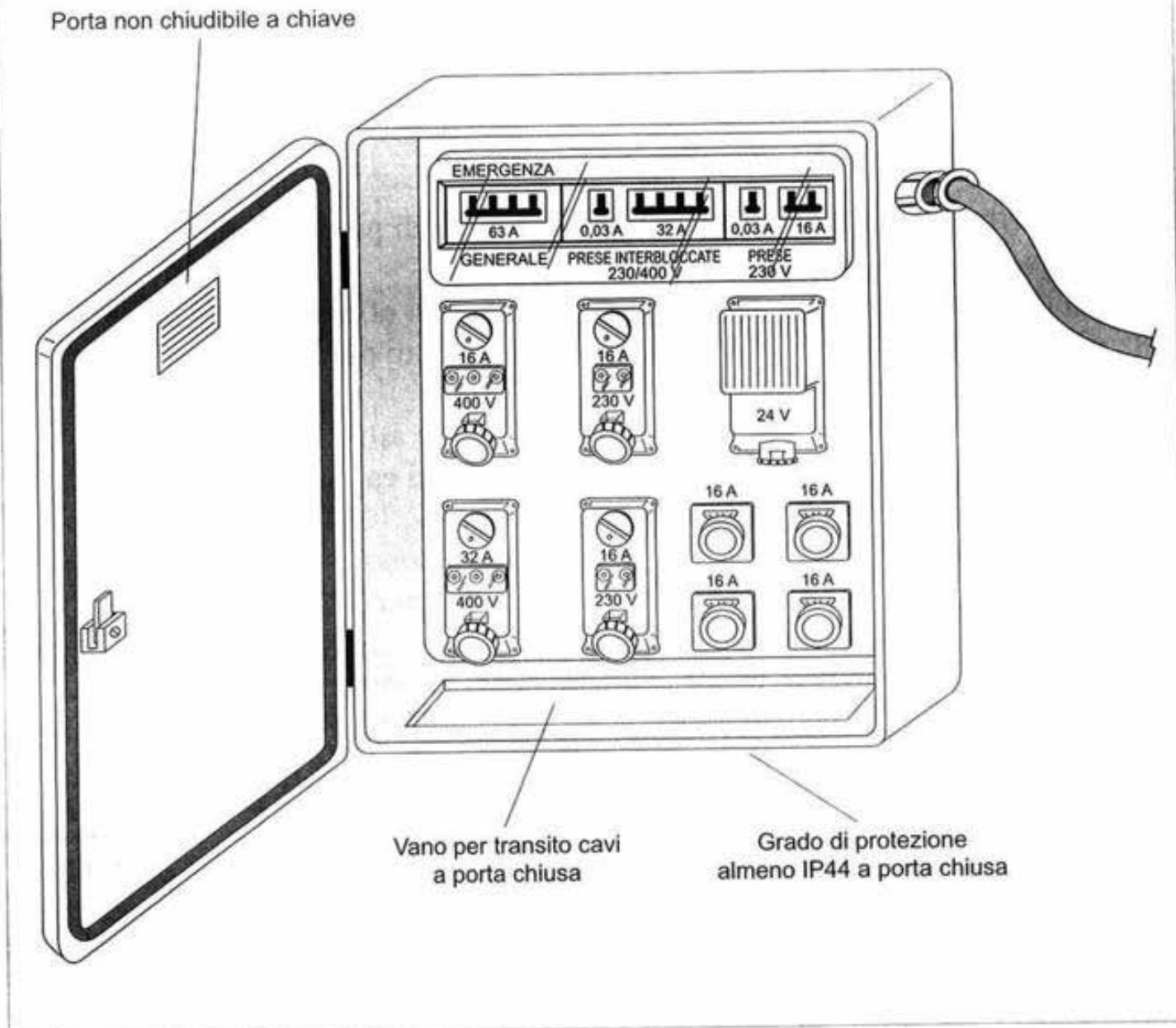
CEI 17-13/4
art. 5.1

¹ In pratica indica la conformità alla norma CEI 17-13/4, corrispondente alla norma europea EN 60439-4.

² Per corrente nominale di un quadro ASC si intende "quella dichiarata dal costruttore come la corrente nominale del suo circuito di ingresso. Questa corrente deve essere portata senza che la sovratemperatura di ogni singola parte ecceda i limiti specificati...".

CEI 17-13/4
art. 4.101

ESEMPIO DI QUADRO



*FIGURA 7.2 – Quadro di cantiere con prese all'interno: l'apposito vano per il transito dei cavi nella parte inferiore del quadro permette l'esercizio a porta chiusa.
Se nel funzionamento ordinario la porta non può essere chiusa, deve essere garantito il grado di protezione IP44 anche a porta aperta.*

8 POSA DEI CAVI

8.1 Generalità

I cavi a posa mobile, che alimentano cioè apparecchiature trasportabili all'interno del cantiere, devono essere possibilmente sollevati da terra e seguire percorsi brevi; non devono essere lasciati sul terreno, arrotolati in prossimità dell'apparecchio o sul posto di lavoro, con conseguente pericolo di danneggiamenti meccanici, fig. 8.1.

I cavi devono essere posati, per quanto possibile, in modo da rispettare i raggi di curvatura minimi, indicati in tabella 8.A.

CEI 20-40
Tab. 6
CEI 20-67
art. 4.3

TABELLA 8.A – Raggi minimi di curvatura ammissibili in relazione al diametro esterno D (mm) del cavo alle temperature del cavo di $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$.

1. Cavi per installazioni fisse

CAVI CON TENSIONI DI ISOLAMENTO FINO A 450/750 V (CEI 20-19, CEI 20-20)				
	D ≤ 8	8 < D ≤ 12	12 < D ≤ 20	D > 20
Uso normale	4D	5D	6D	6D
Curvatura accurata in prossimità morsetti	2D	3D	4D	4D
CAVI CON TENSIONI DI ISOLAMENTO 0,6/1 kV				
Cavi senza protezione meccanica (corda flessibile)			4D ⁽¹⁾	
Cavi con schermatura			8D	
Cavi con armatura			14D	
Cavi conformi alla norma CEI 20-45			14D	

⁽¹⁾ 6D per i cavi a filo unico o corda rigida.

ESEMPIO

TABELLA 8.A – (segue)

2. Cavi flessibili (CEI 20-19)

	$D \leq 8$	$8 < D \leq 12$	$12 < D \leq 20$	$D > 20$
Installazione fissa	3 D	3 D	4 D	4 D
Movimento libero	5 D	5 D	6 D	6 D
All'entrata di un apparecchio portatile o di un'apparecchiatura mobile				
– senza sollecitazioni meccaniche sul cavo	5 D	5 D	6 D	6 D
– con sollecitazioni meccaniche	9 D	9 D	9 D	10 D
Festoni ad es. per gru a cavalletto	10 D	10 D	11 D	12 D
Avvolgimento ripetuto	7 D	7 D	8 D	8 D
Deviato su puleggia	10 D	10 D	10 D	10 D

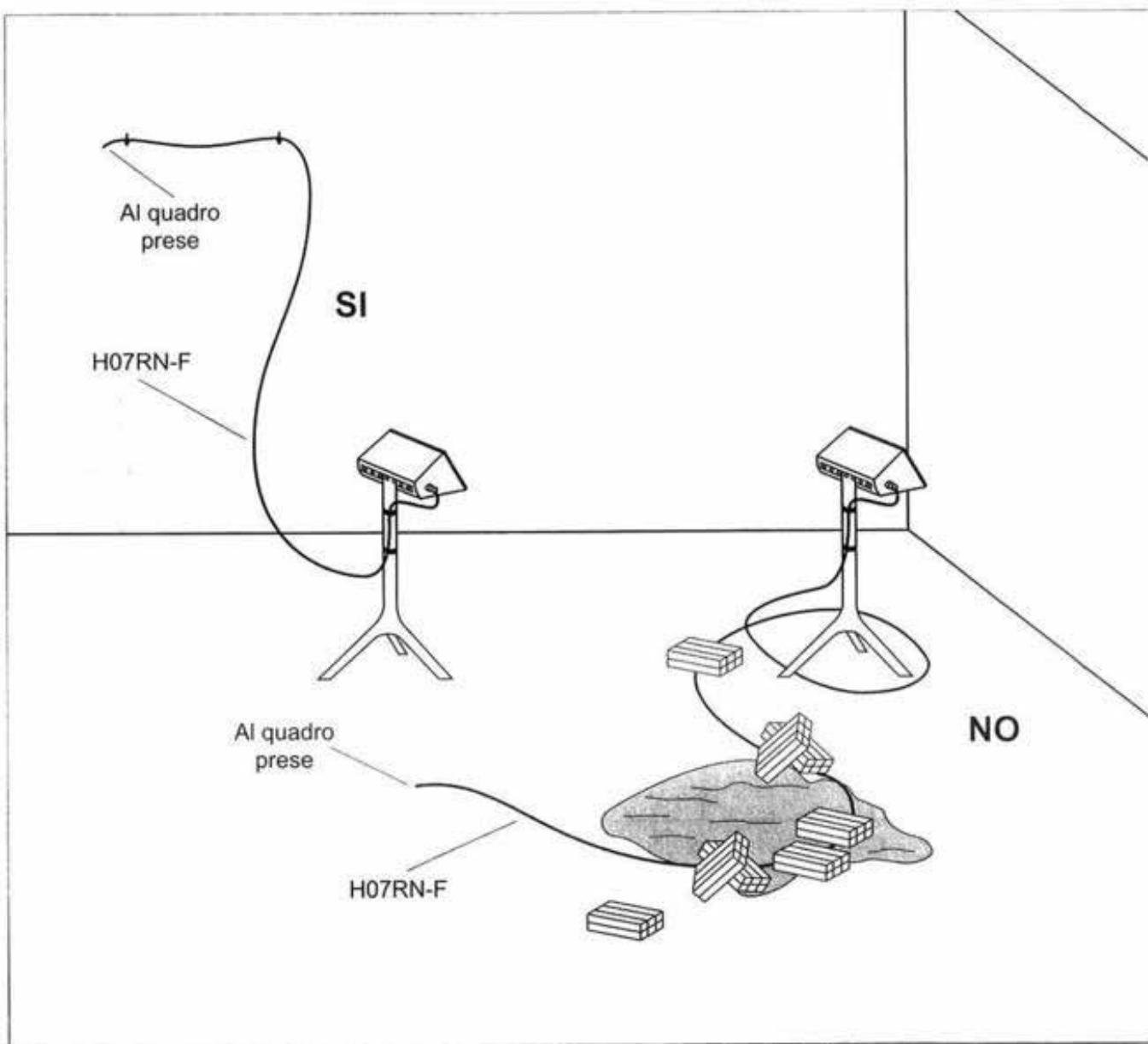


FIGURA 8.1 – Il cavo deve essere posato in modo da essere sottratto, per quanto possibile, a danneggiamenti meccanici.

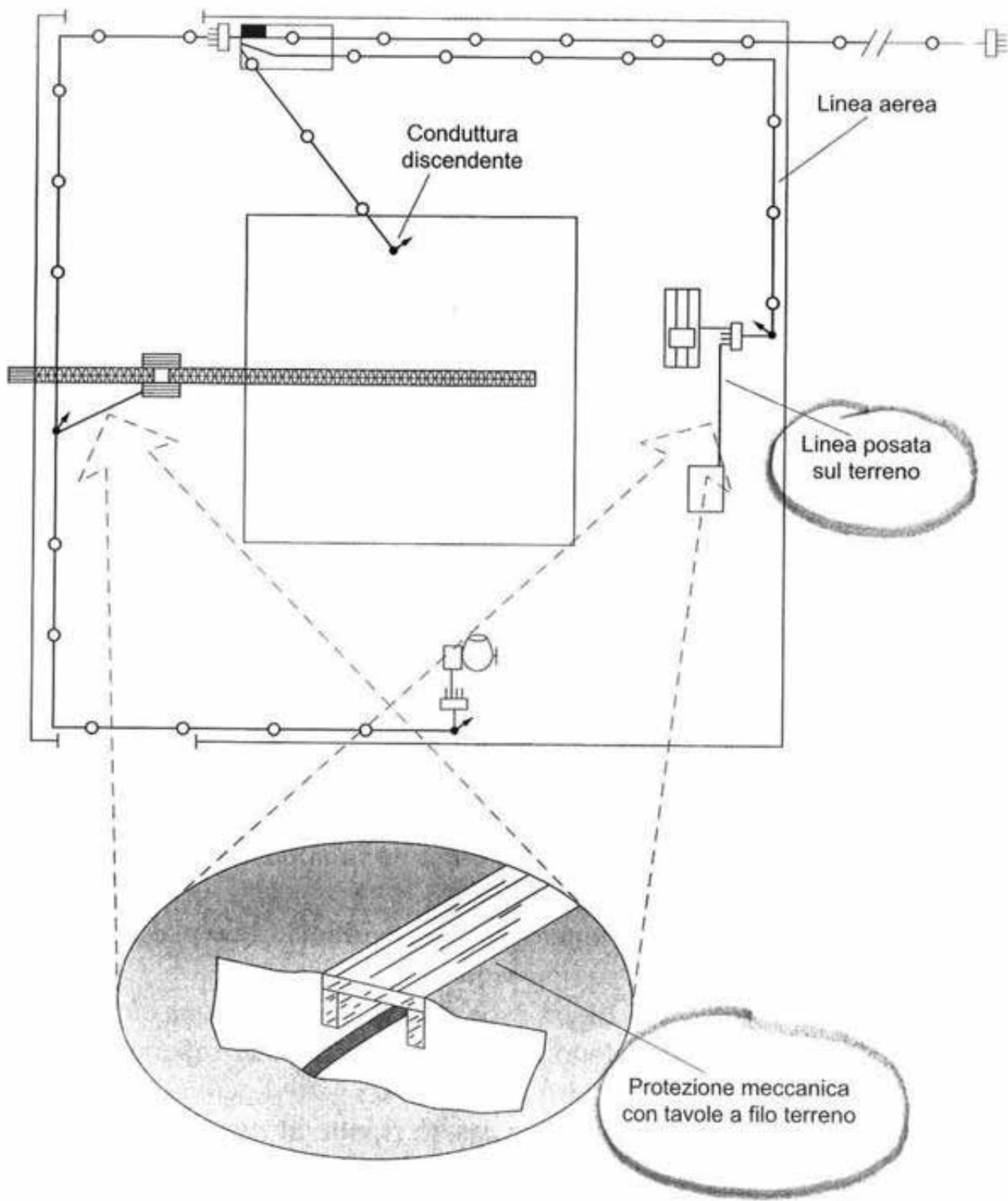


FIGURA 8.2 – Se i cavi attraversano vie di transito, o intralciano la circolazione, devono essere presi opportuni provvedimenti per evitare i danneggiamenti meccanici.

I cavi non devono attraversare le vie di transito all'interno del cantiere e non devono intralciare la circolazione; in alternativa, i cavi devono essere protetti contro il danneggiamento, fig. 8.2.

POSE INTERRATE

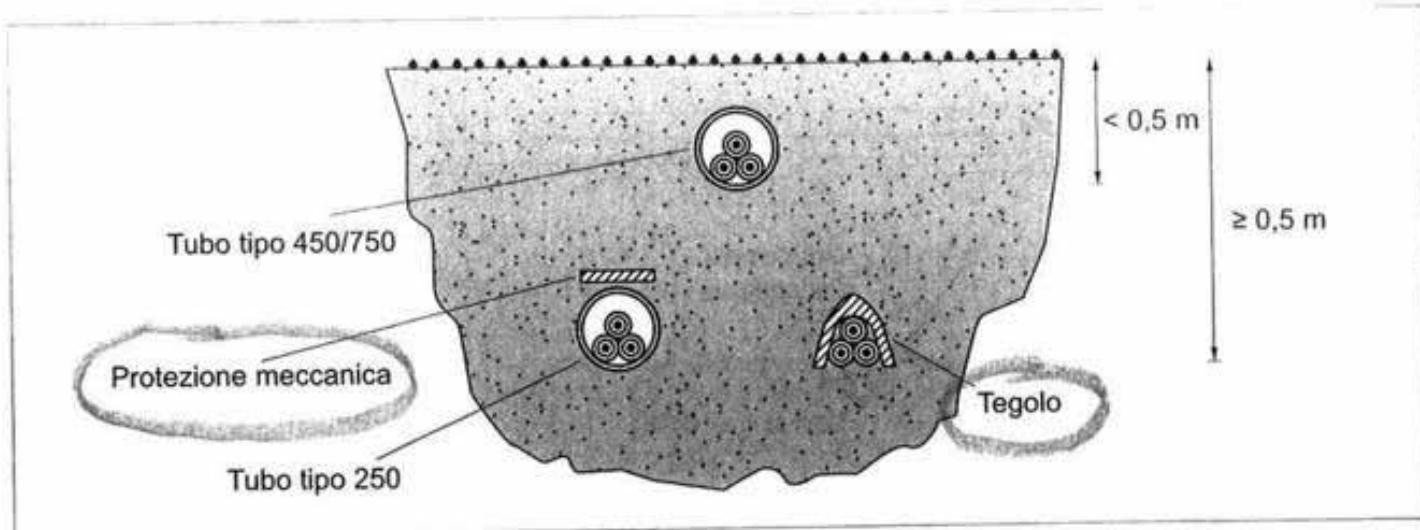


FIGURA 8.3 – Esempio di condutture elettriche interrate, idonee per tipo di cavo e di posa.

Le linee principali possono essere anche interrate: in tal caso vanno prese le dovute precauzioni nei confronti dei danneggiamenti meccanici, mentre i cavi devono essere adatti per posa interrata, fig. 8.3.¹ I cavi su palificazione (posa aerea) all'interno del cantiere devono essere disposti possibilmente lungo la recinzione, in modo da non intralciare il traffico e da non essere sottoposti ad urti meccanici, fig. 8.4.

CEI 11-17

8.2 Connessioni

Nei cantieri le connessioni devono essere eseguite in apposite cassette con grado di protezione almeno IP44.

Sono preferibili cassette di giunzione/derivazione in materiale plastico, coperchio con viti e pareti lisce non preforate.

Condizioni di posa più critiche, come l'esposizione a getti d'acqua e/o a penetrazione di polvere, richiedono un grado di protezione superiore, ad esempio IP55 (protezione contro la polvere e i getti d'acqua).

Le connessioni sulle linee aeree devono essere ridotte al minimo indispensabile e realizzate in cassette di derivazione fissate ai pali di sostegno, fig. 8.5.

L'ingresso dei cavi nelle cassette di derivazione e negli apparecchi utilizzatori deve essere realizzato mediante apposito pressacavo, per non compromettere il grado di protezione e per evitare che tirando il cavo siano sollecitate a trazione le connessioni dei conduttori, fig. 8.6.

¹ Per maggiori dettagli sulla posa dei cavi interrati, vedasi la guida blu n. 6 " Illuminazione esterna", Cap. 2.

POSE AEREE CORRETE

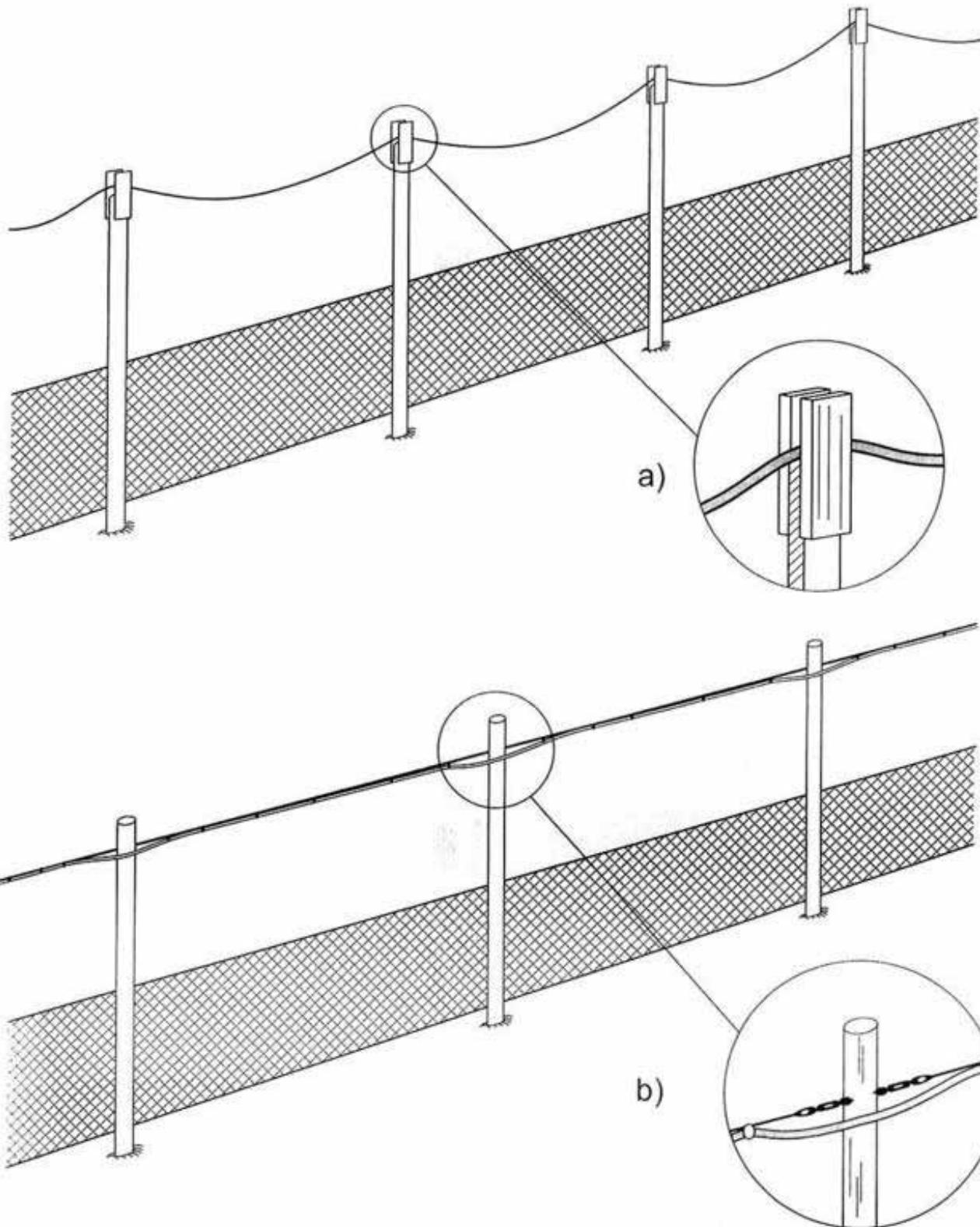
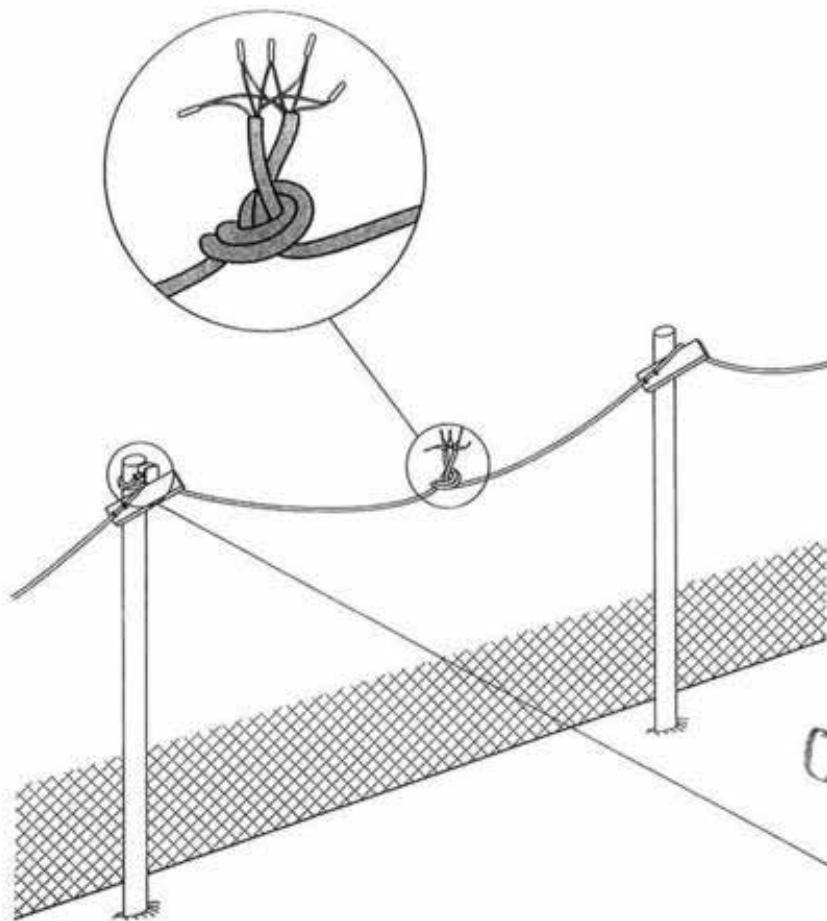


FIGURA 8.4 – Posa di cavo aereo:

- a)** *cavo autoportante,*
- b)** *con fune portante (fasciature almeno ogni due metri).*

POSE AEREE NON CORRETTE

NO



CORRETTA

SI

Pressacavo IP55

Cassetta con grado
di protezione IP55

Cavo flessibile, raggio di curvatura
4 volte il diametro del cavo

FIGURA 8.5 – Esempio di giunzione su cavo aereo in un cantiere.

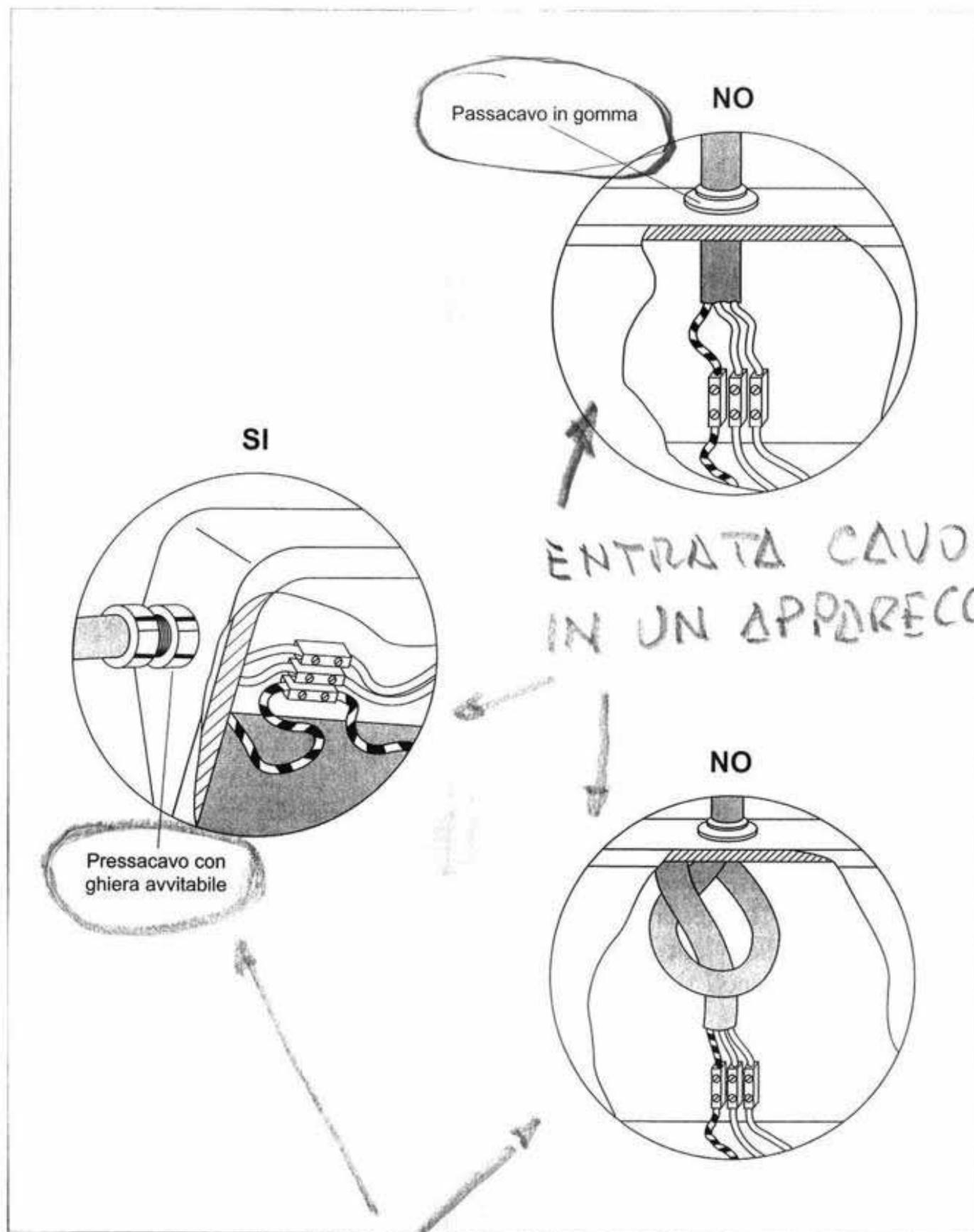


FIGURA 8.6 – L'entrata di un cavo nell'apparecchio deve essere realizzata mediante idoneo presacavo, in modo da non compromettere il grado di protezione ed evitare che, tirando il cavo, le connessioni siano sollecitate a trazione.

CONTATTI CON LINEE ELETTRICHE

86 AEREI

TuttoNorme - Le Guide Blu

Tabella 8.B - Distanze di sicurezza da parti attive di linee elettriche e di impianti elettrici non protette o non sufficientemente protette.

U_n	DISTANZA MINIMA CONSENTITA (m)
$U_n \leq 1 \text{ kV}$	3
$1 \text{ kV} < U_n \leq 30 \text{ kV}$	3,5
$30 \text{ kV} < U_n \leq 132 \text{ kV}$	5
$132 \text{ kV} < U_n$	7

DISTANZE SICURE

RISCHIO MORTALE

8.3 Contatti con linee elettriche

Quando si appronta il cantiere occorre accertare la presenza di eventuali cavi interrati nell'area di pertinenza. Notizie in merito devono essere chieste al capocantiere o al direttore dei lavori. I cavi interrati devono essere segnalati, affinché non siano danneggiati nei lavori di scavo.

Particolare attenzione deve essere posta per evitare il contatto diretto con linee elettriche aeree esterne ubicate nelle vicinanze del cantiere. Bisogna porre particolare attenzione nell'uso di autopompe per calcestruzzo, che possono andare in contatto con la linea aerea in fase di pulizia e svuotamento del tubo di scarico.

Nei confronti delle linee elettriche aeree (conduttori nudi) occorre adottare uno dei seguenti provvedimenti:

- mettere fuori tensione ed in sicurezza le parti attive per tutta la durata dei lavori (la messa fuori tensione va ovviamente richiesta al gestore della linea elettrica);
- posizionare ostacoli rigidi che impediscono l'avvicinamento alle parti attive (ad esempio come indicato in fig. 8.7 e fig. 8.8);
- tenere in permanenza persone, macchine operatrici, apparecchi di sollevamento, ponteggi ed ogni altra attrezzatura ad una distanza dalla linea tale da impedire il contatto diretto con i conduttori nudi, tenuto conto del tipo di lavoro, delle attrezzature usate e della tensione della linea, fig. 8.9.¹

In ogni caso le distanze non devono essere inferiori a quelle indicate nella tabella 8.B.

DLgs 81/08
art. 117

DLgs 81/08
art. 83
All. IX
tab. 1

¹ Va tenuto conto che in media e alta tensione quando la distanza è troppo ridotta può avvenire una scarica elettrica, anche senza il contatto fisico con la linea.

PROVVEDIMENTI

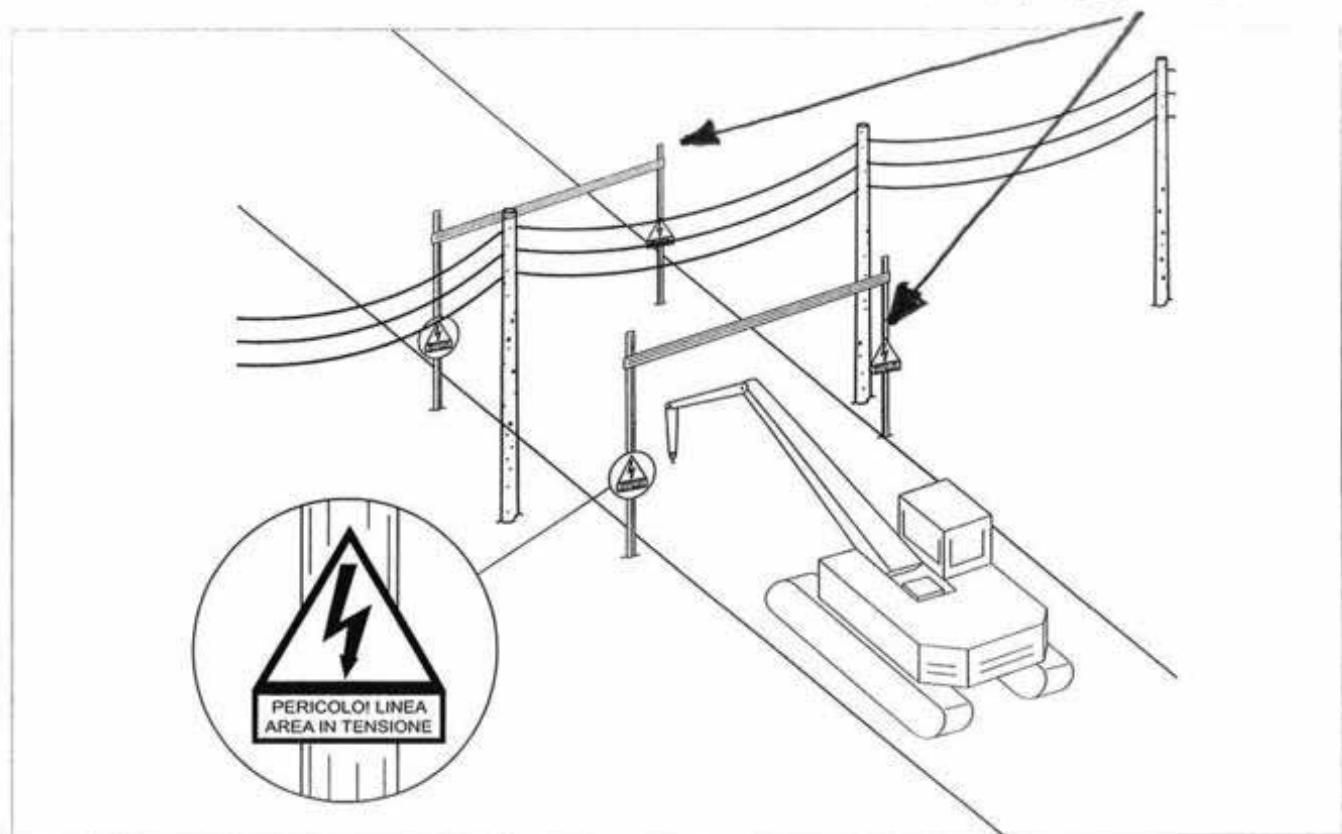


FIGURA 8.7 – Esempio di provvedimento atto ad evitare che i mezzi di cantiere possano avvicinarsi troppo alla linea elettrica aerea esterna presente nella zona del cantiere.

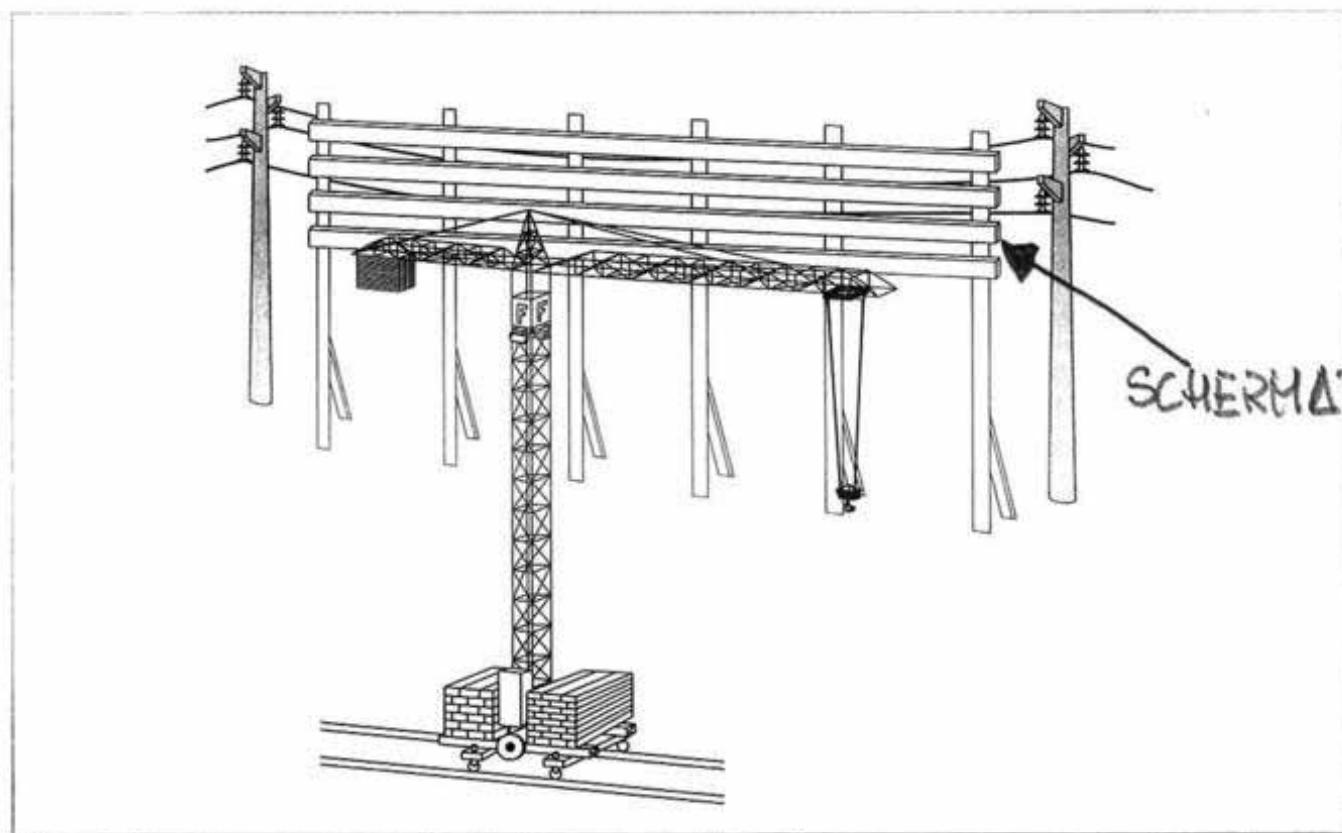


FIGURA 8.8 – Esempio di schermatura nei confronti di una linea elettrica aerea esterna in media tensione.

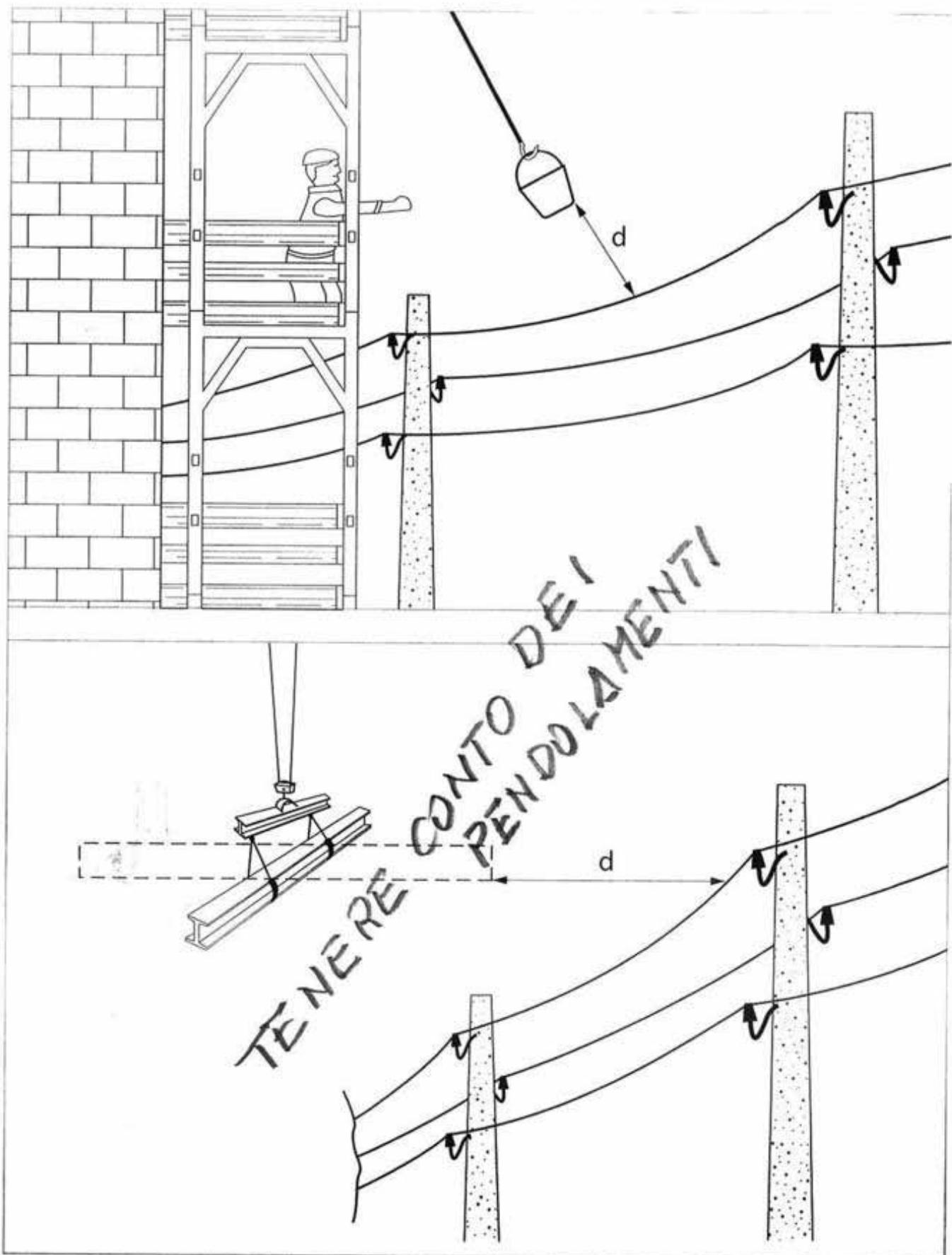


FIGURA 8.9 – In un cantiere edile, la distanza “ d ” da una qualsiasi linea elettrica aerea, anche in bassa tensione, deve essere tale da evitare il contatto anche nelle condizioni di lavoro più sfavorevoli.

IMPIANTO DI TERRA

98

TuttoNormel - Le Guide Blu

ENEL

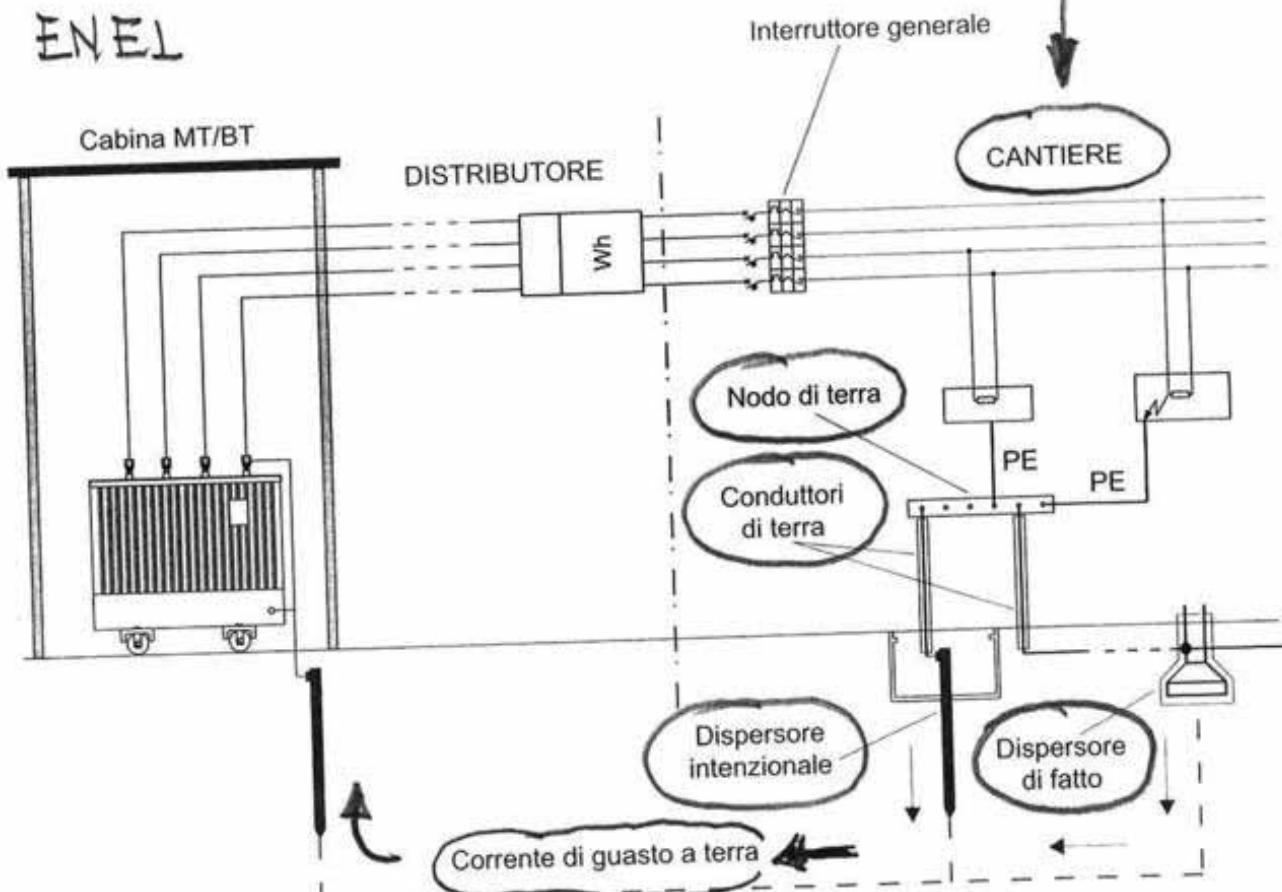


FIGURA 9.6 – La corrente di guasto a terra nel cantiere si richiude, attraverso il terreno, al neutro messo a terra nella cabina MT/BT del Distributore.

CALCOLO RESIST. DI TERRA

dove:

- R_E è la resistenza di terra, in ohm;
- I_{dn} è la corrente differenziale nominale di intervento dell'interruttore differenziale generale posto a protezione dell'impianto, espressa in ampere. Se l'interruttore differenziale è regolabile si considera la corrente di regolazione.

$$R_E \leq \frac{25}{I_{dn}} \text{ ammessa}$$

TENSIONE massima
CORRENTE differenziale

Per $I_{dn} = 1$ A, si ha ad esempio:

$$R_E \leq 25 \Omega$$

Nella tabella 9.D sono indicati i valori massimi di resistenza di terra, in relazione alla corrente I_{dn} dell'interruttore differenziale.

TABELLA 9.D – Valori massimi di resistenza di terra nei cantieri in relazione alla corrente differenziale nominale I_{dn} .

I_{dn} (A)	R_E (Ω)
1	25
0,5	50
0,3	83
$0,03 = 30 \text{ mA}$ SALVAVITA	833

più alto è
il valore di
terra meno
dispersori
ci vogliono

9.3 Esecuzione dell'impianto di terra

L'impianto di terra deve essere eseguito all'atto dell'installazione degli apparecchi elettrici di cantiere.

In genere, nella fase di allestimento del cantiere, non sono ancora stati eseguiti gli scavi e non sono quindi disponibili i dispersori di fatto (ferri della fondazione in cemento armato). Si predispongono pertanto in prossimità dei principali apparecchi utilizzatori fissi del cantiere alcuni picchetti, fig. 9.7.

I picchetti devono essere posti a distanza almeno uguale alla somma delle loro lunghezze: la resistenza complessiva R_E può essere allora calcolata, in prima approssimazione e per difetto, come parallelo tra le resistenze R_1 e R_2 dei singoli dispersori:

$$R_E = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Nel caso di n picchetti di uguale resistenza R si ha $R_E = R/n$.

Non è necessario che i picchetti siano posti entro pozzetti ispezionabili. Successivamente, i veri dispersori diventano i ferri delle fondazioni in cemento armato (terra di fondazione), fig. 9.8.

CEI 64-8/5
art. 542.3.2

Un dispersore disposto ad anello nello scavo di fondazione può essere utile non solo come impianto di terra di cantiere, ma anche come impianto di terra dell'edificio in costruzione. In proposito, si veda la guida blu n. 1 "Edifici civili", Cap. 8.

IL NODO DI TERRA

Il *nodo di terra* (o *collettore principale di terra*) è costituito da una barra alla quale fanno capo i conduttori di protezione che collegano a terra le masse, il conduttore di terra che proviene dai dispersori e i conduttori equipotenziali che collegano le masse estranee, fig. 9.2.¹

CEI 64-8/5
art. 542.4

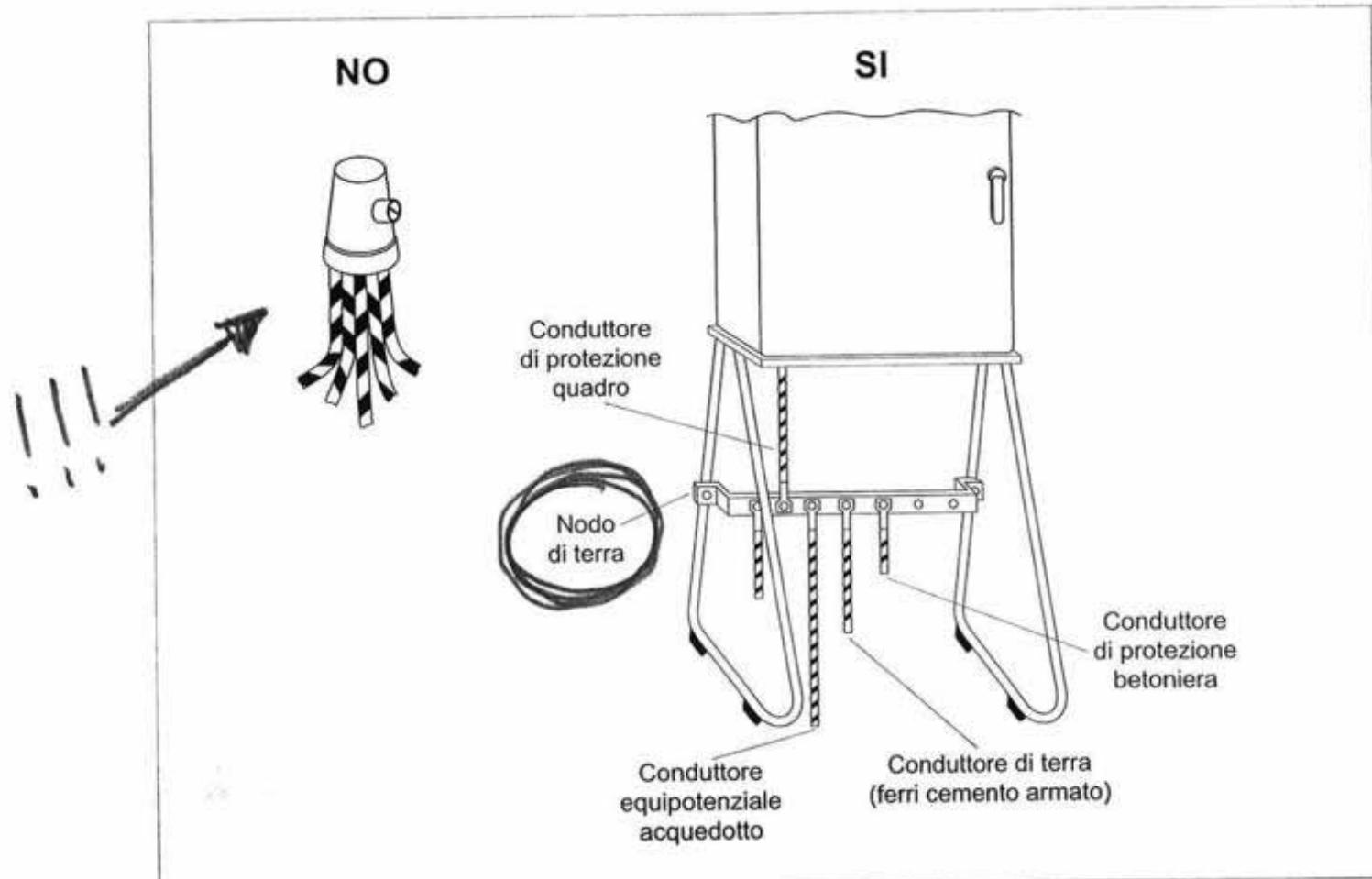


FIGURA 9.2 – Il nodo di terra è costituito da una barra di rame a cui fanno capo il conduttore di terra, i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali.

Il *conduttore di protezione* può far parte della stessa conduttrice di alimentazione o essere separato. La sezione minima del conduttore di protezione, in relazione a quella del conduttore di fase, è indicata nella tabella 9.C (conduttori dello stesso materiale).

CEI 64-8/5
art. 543.1.2

Il fatto che l'impianto sia protetto con interruttori differenziali non autorizza sezioni minori del conduttore di protezione. L'interruttore

¹ Il termine *massa* indica una parte conduttrice, facente parte dell'impianto elettrico, che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie di isolamento, ma che può andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale.

CEI 64-8/2
art. 23.2

differenziale non limita infatti il valore della corrente di guasto, ma solo il tempo per cui permane.

Il morsetto di terra non deve avere funzioni meccaniche, ad esempio di fissaggio del motore; inoltre il conduttore di protezione deve avere il capocorda, fig. 9.3.

SEZIONE MINIMA CONDUTTORE DI TERRA

TABELLA 9.C – Sezione minima 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 ⁽¹⁾
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S _p = $\frac{S}{2}$

⁽¹⁾ Se il conduttore di protezione non fa parte dello stesso cavo, o non è infilato nello stesso tubo, dei conduttori di fase, valgono le seguenti sezioni minime:

- 2,5 mm² se è presente una protezione meccanica,
- 4 mm² se non è presente una protezione meccanica.

Regola
Semplice

Il *conduttore di terra* è il conduttore che collega il nodo di terra al sistema disperdente e i dispersori tra loro.

CEI 64-8/2
art. 24.7

Il conduttore di terra deve essere in grado di resistere alla corrosione e di sopportare eventuali sforzi meccanici.

La fig. 9.4 indica la sezione minima del conduttore di terra, secondo che sia protetto meccanicamente, ad esempio installato entro tubazione in pvc e/o protetto contro la corrosione (conduttore isolato).

CEI 64-8/5
art. 542.3.1

Un conduttore nudo e interrato svolge anche la funzione di dispersore e deve avere quindi le caratteristiche previste per i dispersori, tabella 9.A.

Il conduttore di terra deve avere, comunque, una sezione almeno uguale a quella richiesta per il conduttore di protezione.

I *conduttori equipotenziali principali* sono i conduttori che collegano il nodo di terra alle masse estranee.

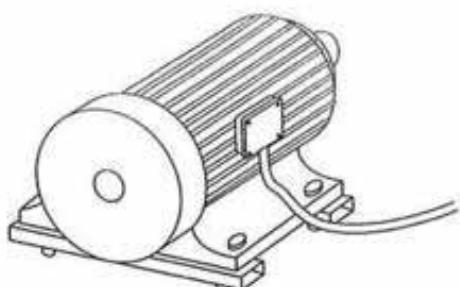
CEI 64-8/2
art. 24.10

Massa estranea è una parte metallica, non facente parte dell'impianto elettrico, che presenta una bassa resistenza verso terra, ad esempio la tubazione idrica.

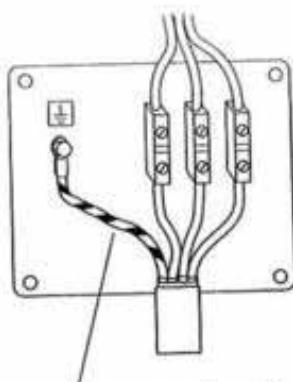
CEI 64-8/2
art. 23.3

COLLEGAMENTI DI TERRA A MOTORI

a)

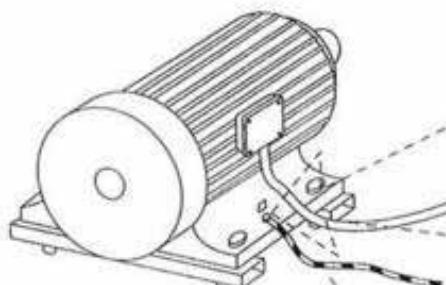


SI

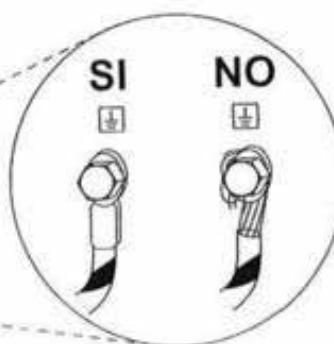


Sezione vedasi tabella 9.C

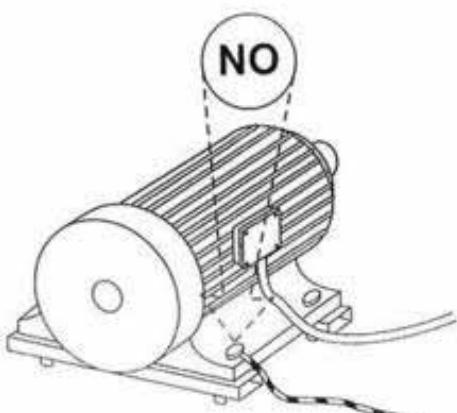
b)



SI

Sezione (minima) 4 mm²

c)



SI

Sezione (minima) 2,5 mm²

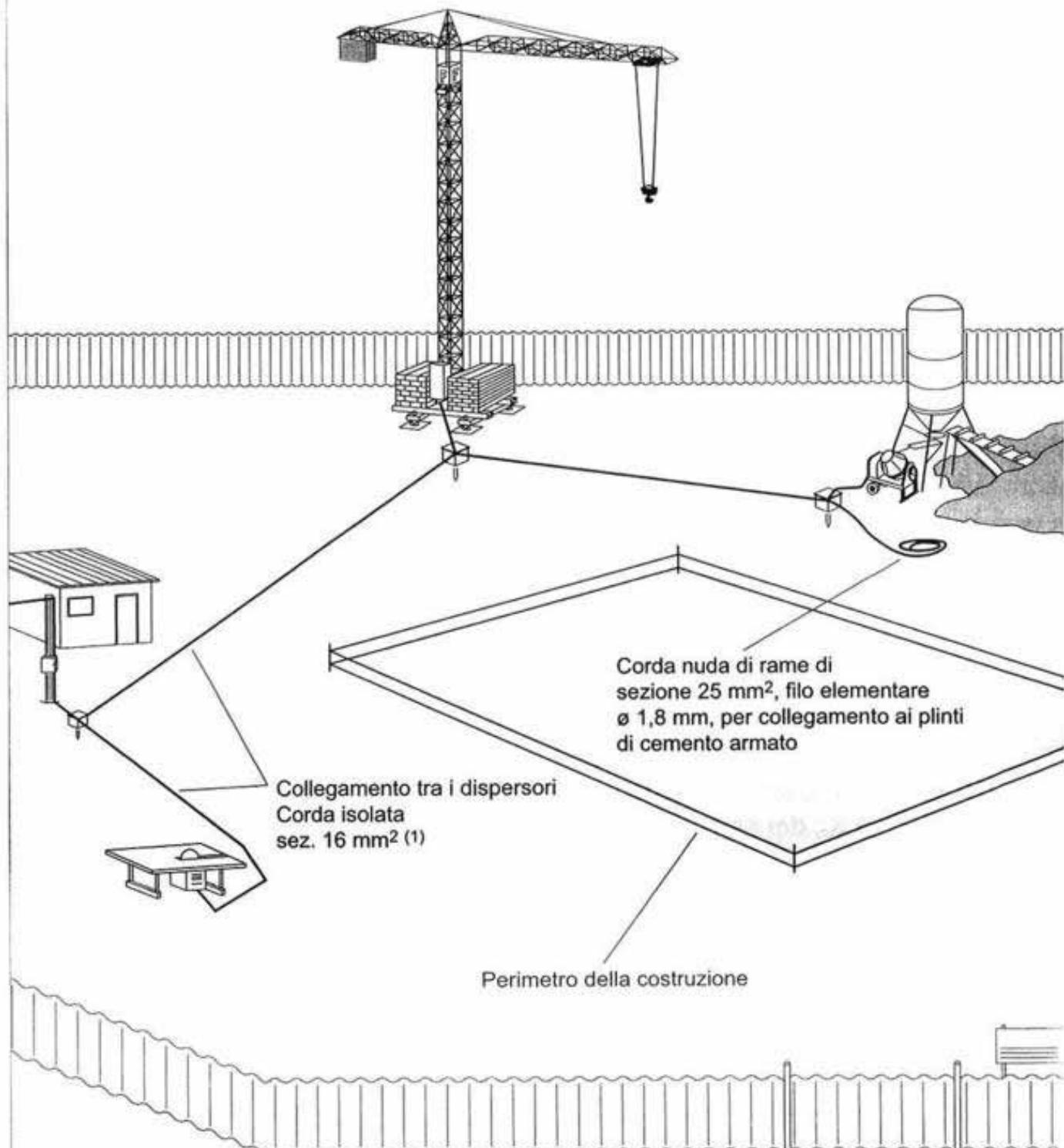
FIGURA 9.3 – Il collegamento a terra deve essere effettuato a regola d’arte.

a) Il conduttore di protezione fa parte dello stesso cavo di alimentazione del motore ed ha la stessa sezione del conduttore di fase.

b) Il conduttore di protezione è separato dal cavo di alimentazione ed ha una sezione di almeno 4 mm^2 , poiché non è protetto meccanicamente. La connessione deve essere realizzata con appositi capocorda.

c) Il conduttore di protezione è separato dal cavo di alimentazione ed ha una sezione di almeno $2,5 \text{ mm}^2$, poiché è protetto meccanicamente. Il morsetto di terra non deve avere altre funzioni, a esempio meccaniche.

ESEMPI IMPIANTO TERRA CANTIERE



(1) In genere non interrata.

Se interrata è preferibile nuda in modo che costituisca un dispersore; in tal caso è richiesta una sezione di 25 mm².

FIGURA 9.7 – In fase di installazione delle macchine di cantiere, deve essere realizzato l'impianto di terra con dispersori installati in prossimità delle macchine più importanti.

ESEMPIO COLLEG. TERRA FONDAZIONI - PLINTI

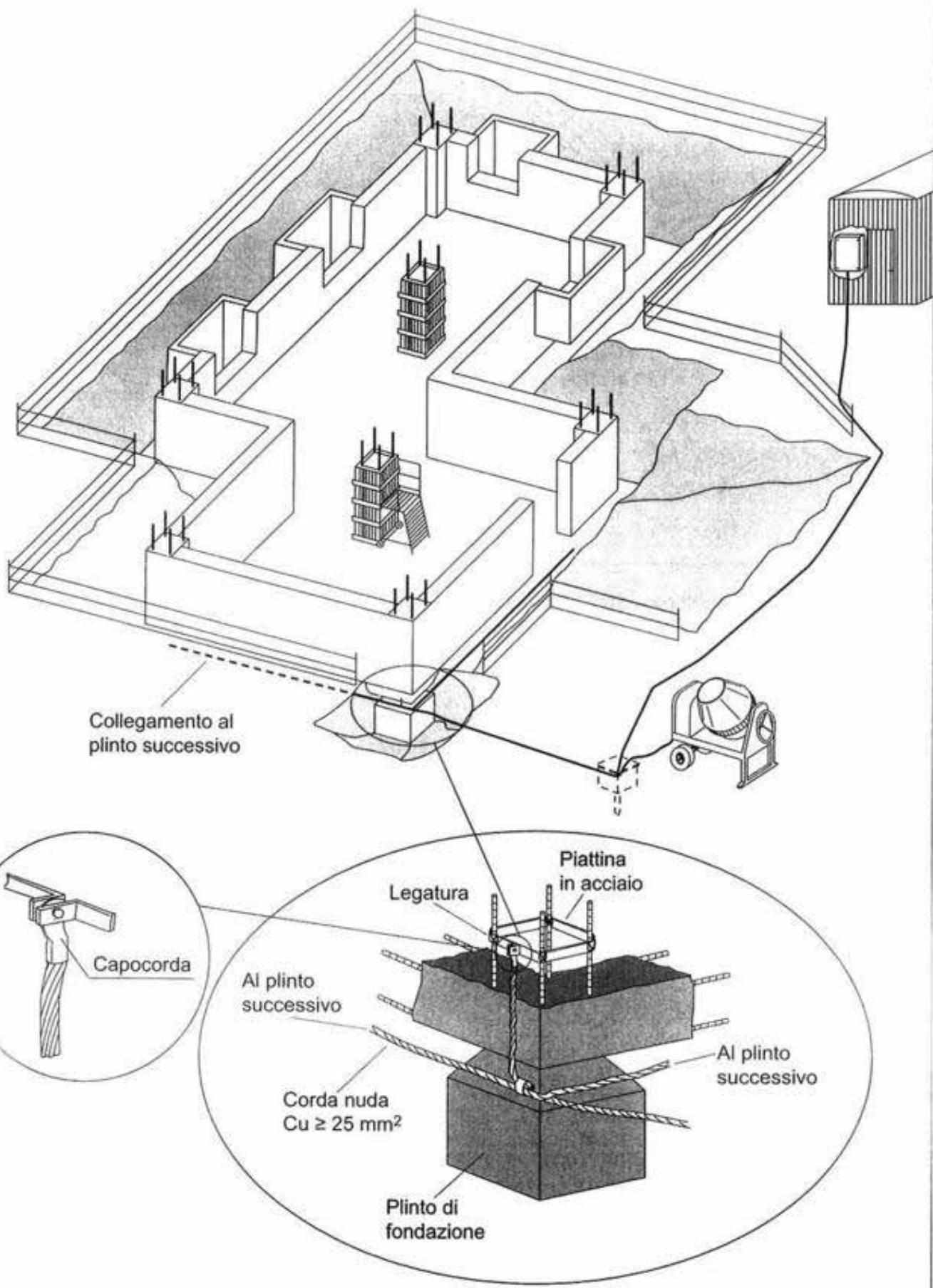


FIGURA 9.8 – Esempio di impianto di terra di fondazione.

APPARECCHI MOBILI

n. 3 - Cantieri edili

107

causa di prese a spina difettose, fig. 6.2, 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 addirittura *proibito*.

CEI 64-8/4
art. 413.2.7

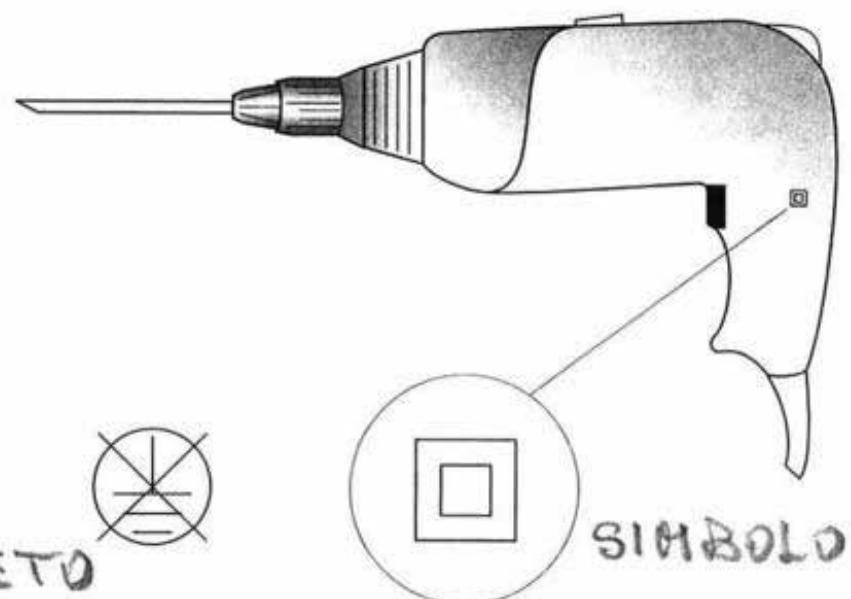


FIGURA 10.1 – Gli apparecchi con isolamento doppio o rinforzato (classe II) portano in targa il simbolo del doppio quadrato. È proibito collegare a terra gli apparecchi di classe II.

LOVORI IN LUOGHI RISTRETTI

n. 3 - Cantieri edili

109

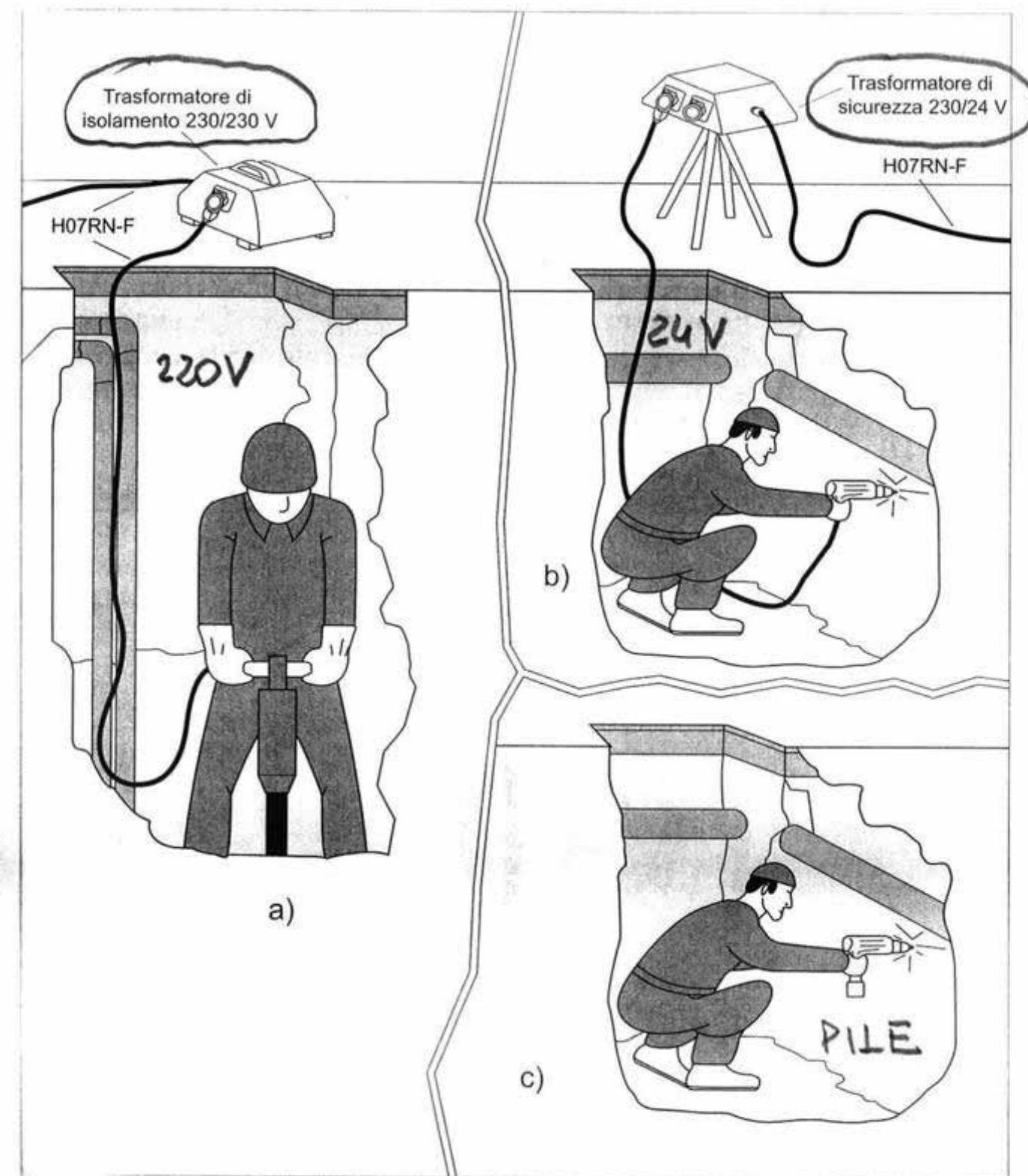


FIGURA 11.1 – Nei luoghi conduttori ristretti gli apparecchi trasportabili (mobili e portatili) possono essere alimentati dalla rete solo tramite:

- a) un trasformatore d'isolamento, ad esempio 230/230 V, oppure**
- b) un trasformatore di sicurezza, ad esempio 230/24 V,**
- c) in alternativa, possono essere utilizzati utensili portatili alimentati da una sorgente autonoma, ad esempio una batteria di accumulatori.**

LE LAMPADE IN LUOGHI RISTRETTI

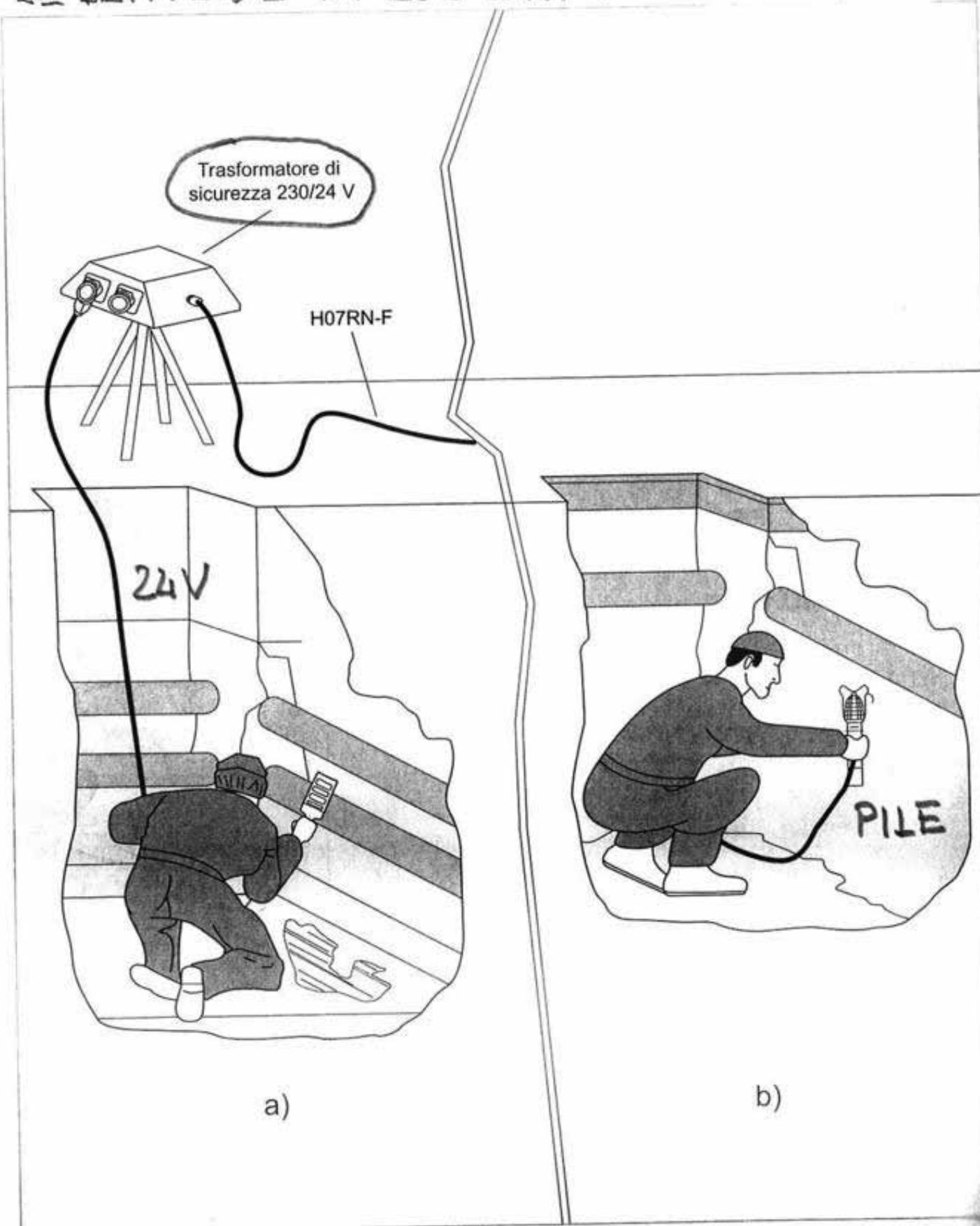


FIGURA 11.2 – Nei luoghi conduttori ristretti le lampade portatili possono essere alimentate solo a bassissima tensione di sicurezza (SELV):
a) con trasformatore di sicurezza, oppure
b) con sorgente autonoma, ad esempio una batteria di accumulatori.

GRUPPI ELETTROGENI

114

TuttoNorme - Le Guide Blu

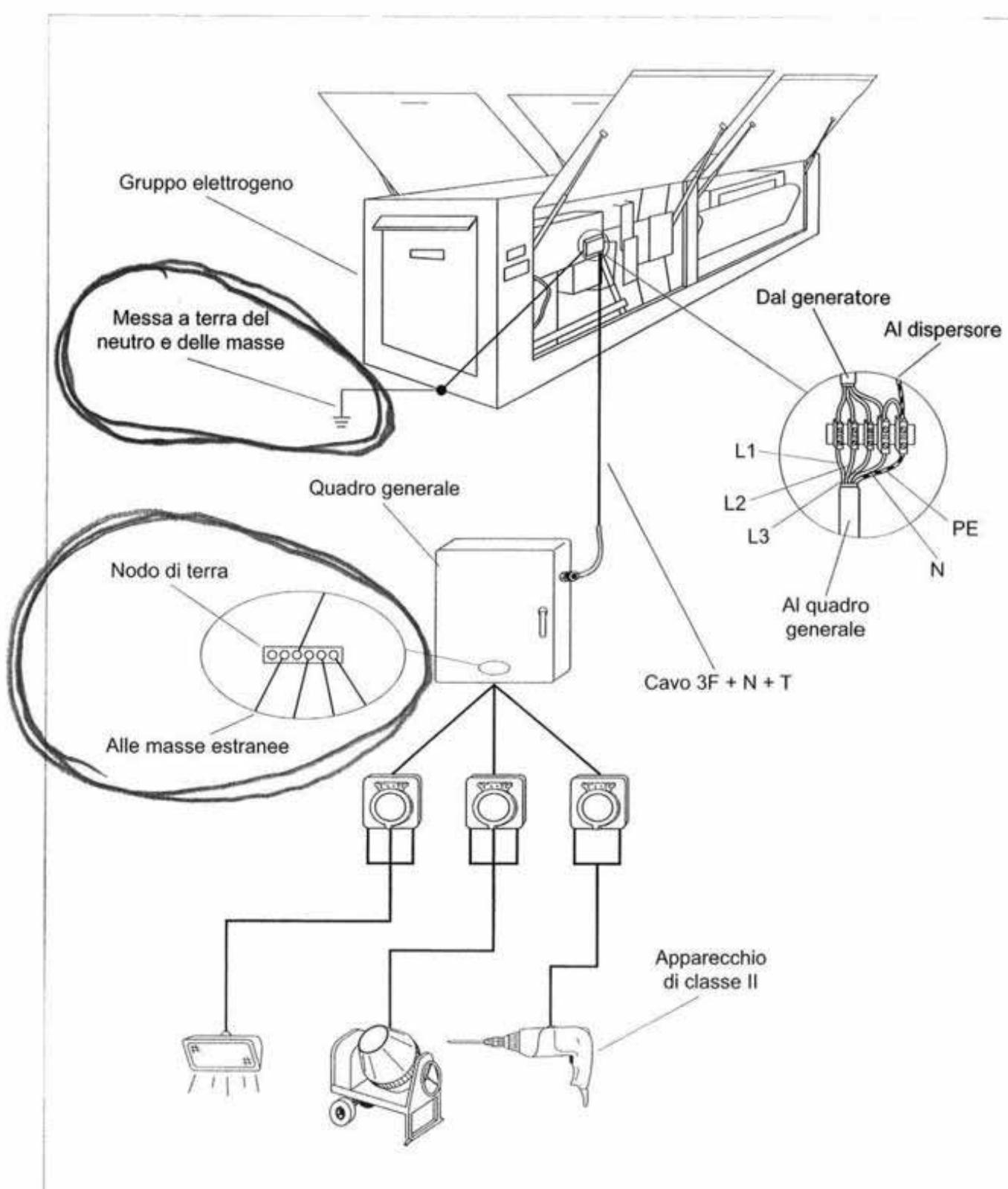


FIGURA 12.1 – Cantiere alimentato da un gruppo elettrogeno. Il neutro e le masse sono collegati allo stesso impianto di terra (sistema TN): i circuiti sono protetti con interruttore differenziale.

PICCOLO

Gruppo elettrogeno

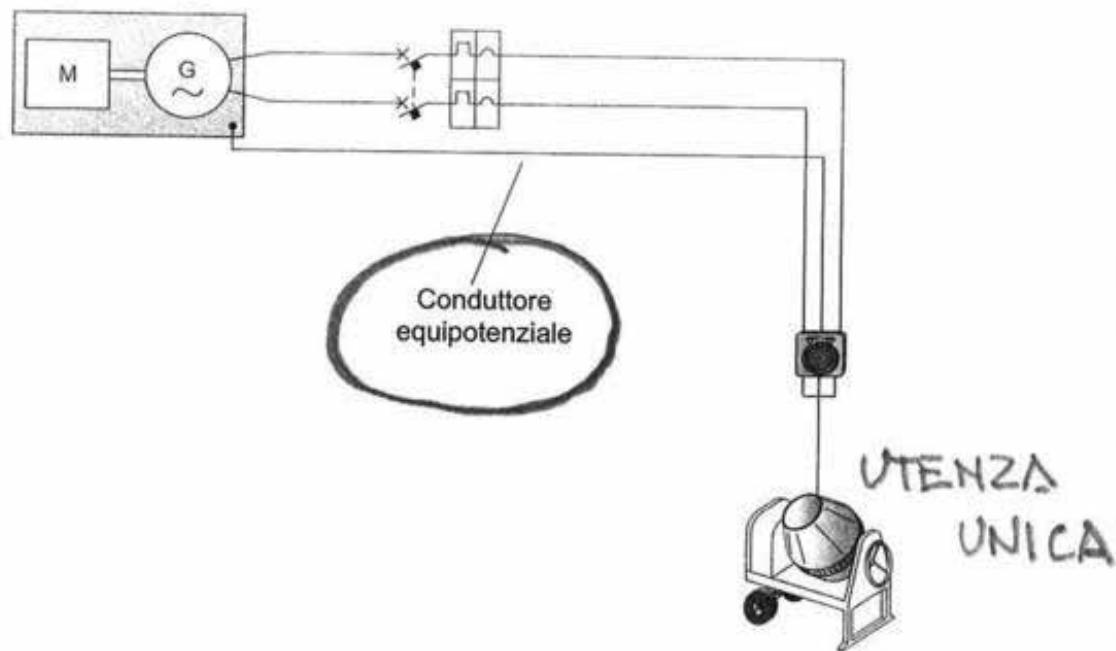


FIGURA 12.2 – Apparecchio alimentato da un piccolo gruppo elettrogeno e protetto contro i contatti indiretti per separazione elettrica.

IN UTILITÀ INTERR. DIFFER.

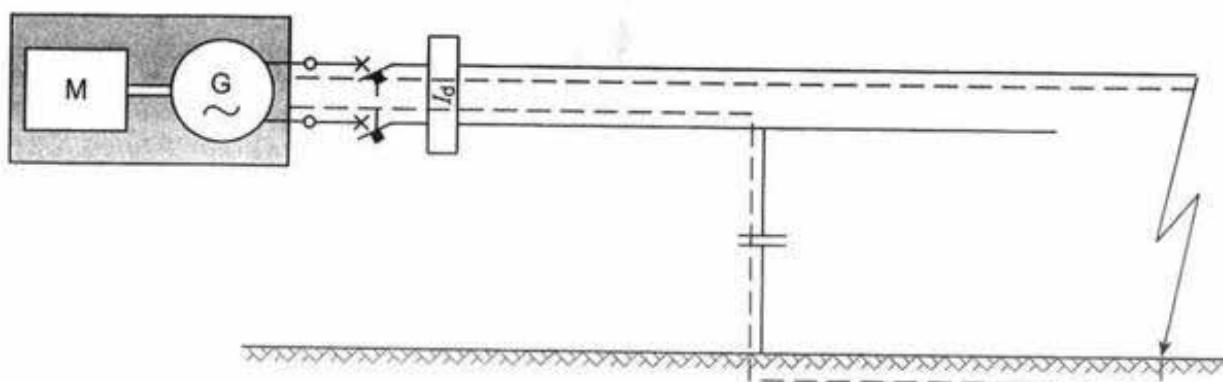


FIGURA 12.3 - Un interruttore differenziale generale posto all'uscita di un gruppo elettrogeno isola lo non può intervenire, perché qualunque corrente di guasto si richiude tramite l'interruttore stesso.

17 ESEMPIO DI IMPIANTO ELETTRICO IN UN CANTIERE MEDIO (25 kW)

17.1 Premessa

Si considera un cantiere per la costruzione di un edificio civile, su un'area di circa 1640 m² e superficie coperta di 324 m².

La tabella 17.A indica i principali apparecchi utilizzatori e le relative potenze di targa.

TABELLA 17.A – Cantiere medio (25 kW) - Potenze di targa degli apparecchi utilizzatori.

APPARECCHI UTILIZZATORI	POTENZA NOMINALE (kW)
Gru a torre	10
Betoniera	2
Sega circolare	1,1
Puliscitavole	2
Piegaferro	5
Macchina per intonaco premiscelato	6
Apparecchi portatili	1,9
TOTALE	28

17.2 Fornitura di energia elettrica

In base alla potenza degli apparecchi utilizzatori, assumendo che non vengano utilizzati tutti contemporaneamente (coefficiente di contem-

UTENZE

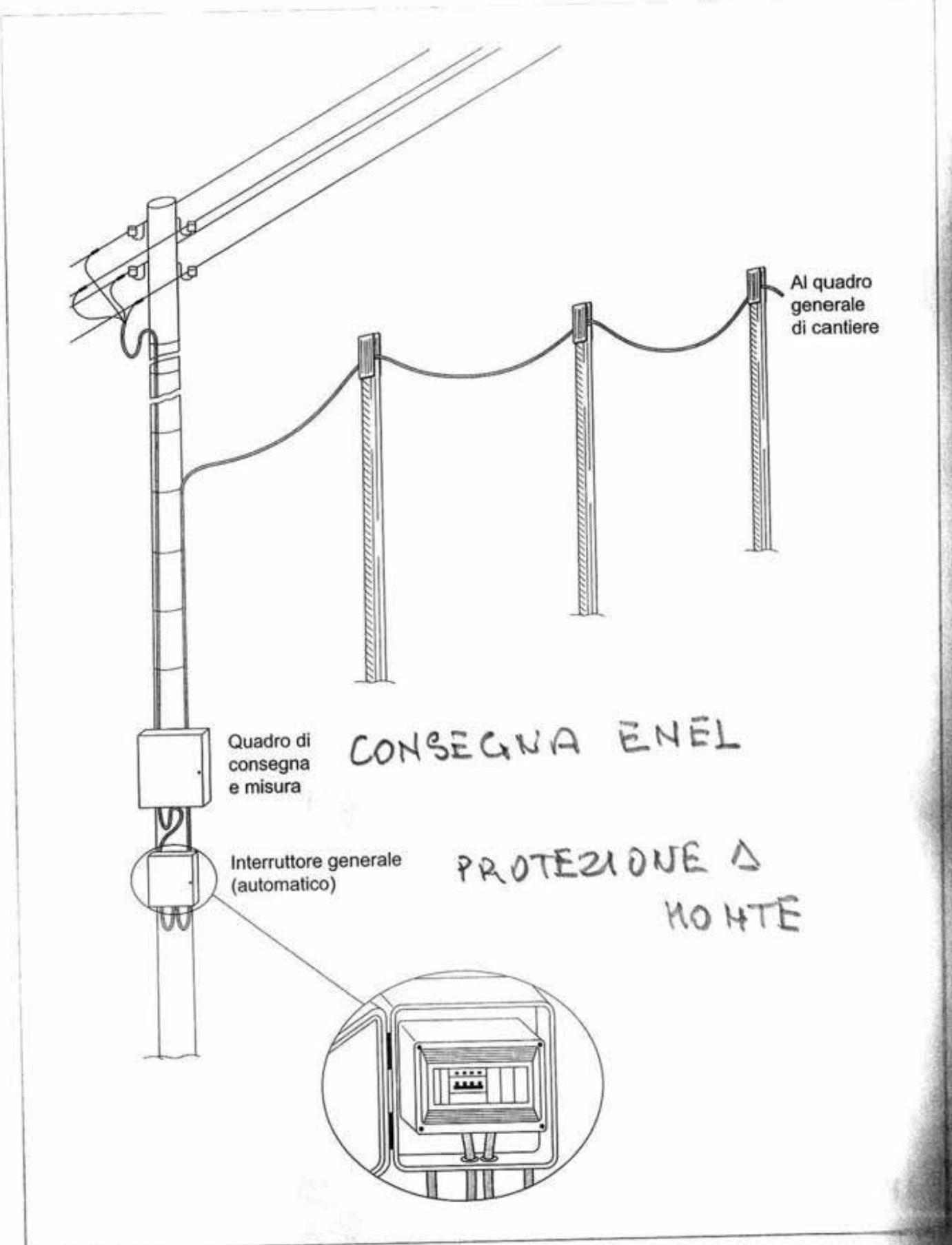
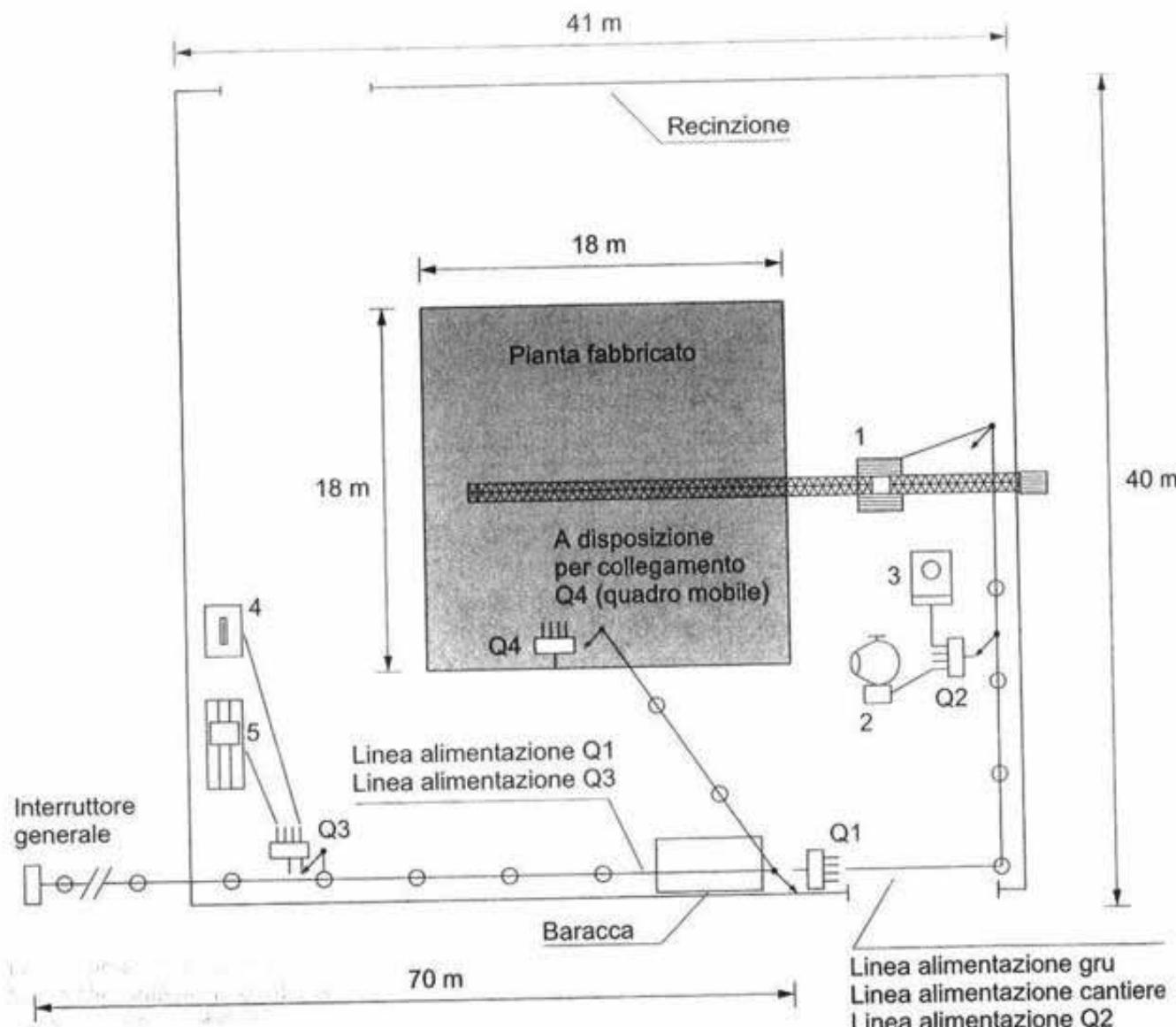


FIGURA 17.1 – Cantiere medio (25 kW) - Quadro di consegna dell'energia, interruttore generale e linea di alimentazione del quadro generale.

PIANIETRIA CANTIERE



LEGENDA

- | | | |
|--|-------|--------------------------------|
| 1 - Gru a torre e apparecchi d'illuminazione generale del cantiere | Q1 | Quadro generale |
| 2 - Betoniera | Q2-Q3 | Quadri di prese a spina |
| 3 - Piegaferro | Q4 | Quadri di prese a spina (SELV) |
| 4 - Sega circolare | | |
| 5 - Puliscitavole | | |
- Linea aerea
- Linea posata sul terreno e protetta meccanicamente
- ↙— Conduittura discendente

FIGURA 17.4 – Cantiere medio (25 kW) - Dislocazione degli apparecchi utilizzatori e dei quadri elettrici.

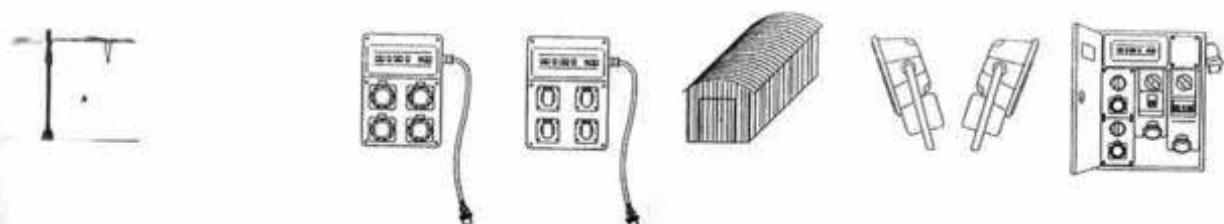
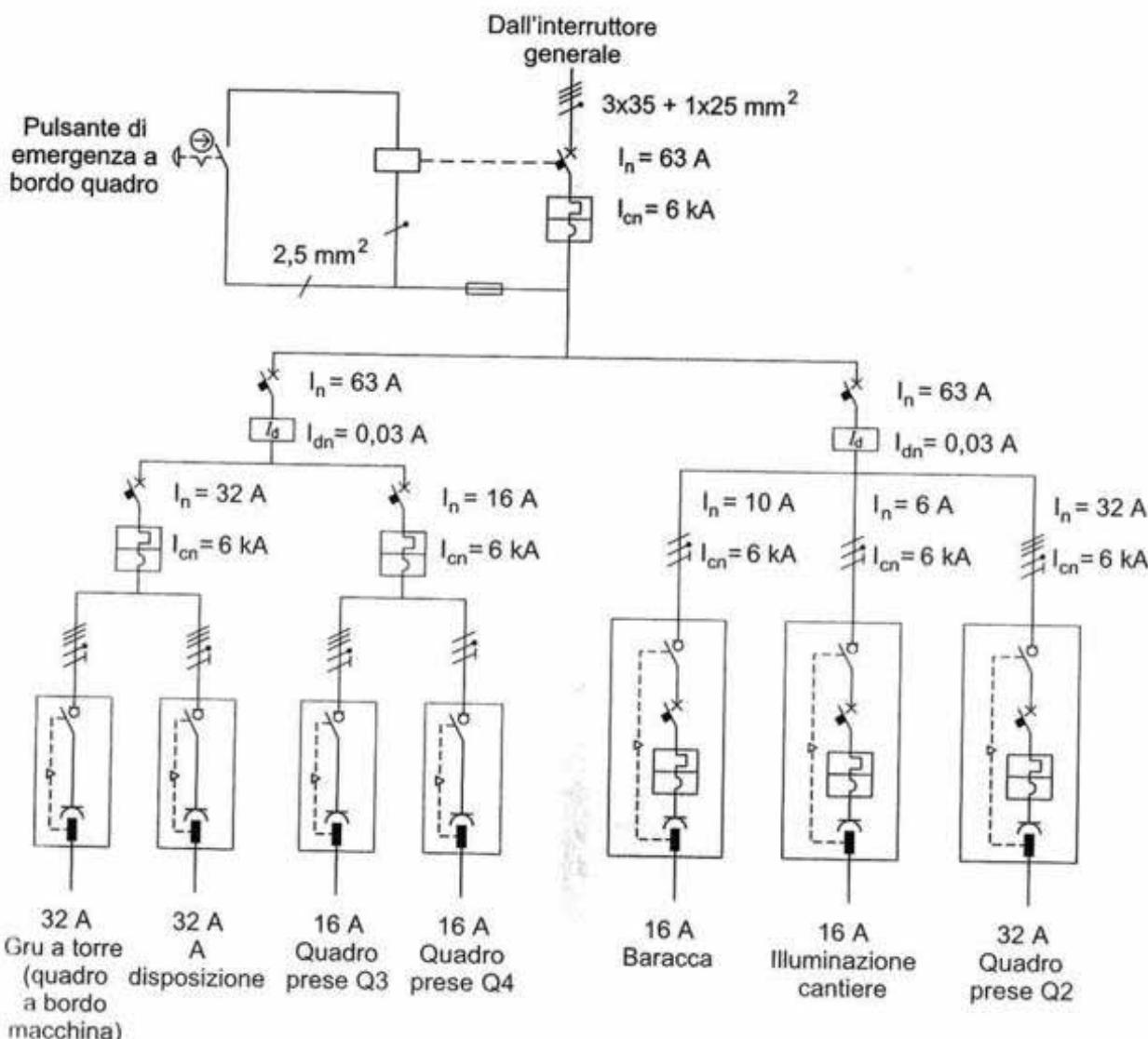
SCHEMA QUADRO

n. 3 - Cantieri edili

159

Tutte le prese sono protette da interruttori differenziali puri con $I_{dn} = 30 \text{ mA}$.

La linea dal contatore al quadro generale è lunga 70 m.



¹ Se la gru ha l'equipaggiamento elettrico a regola d'arte, può essere protetta con un interruttore differenziale da 30 mA senza timore di interventi intempestivi.

FIGURA 17.5 – Cantiere medio (25 kW) - Schema unifilare del quadro generale, Q1.

PROSPETTO QUADRO

160

TuttoNormel - Le Guide Blu

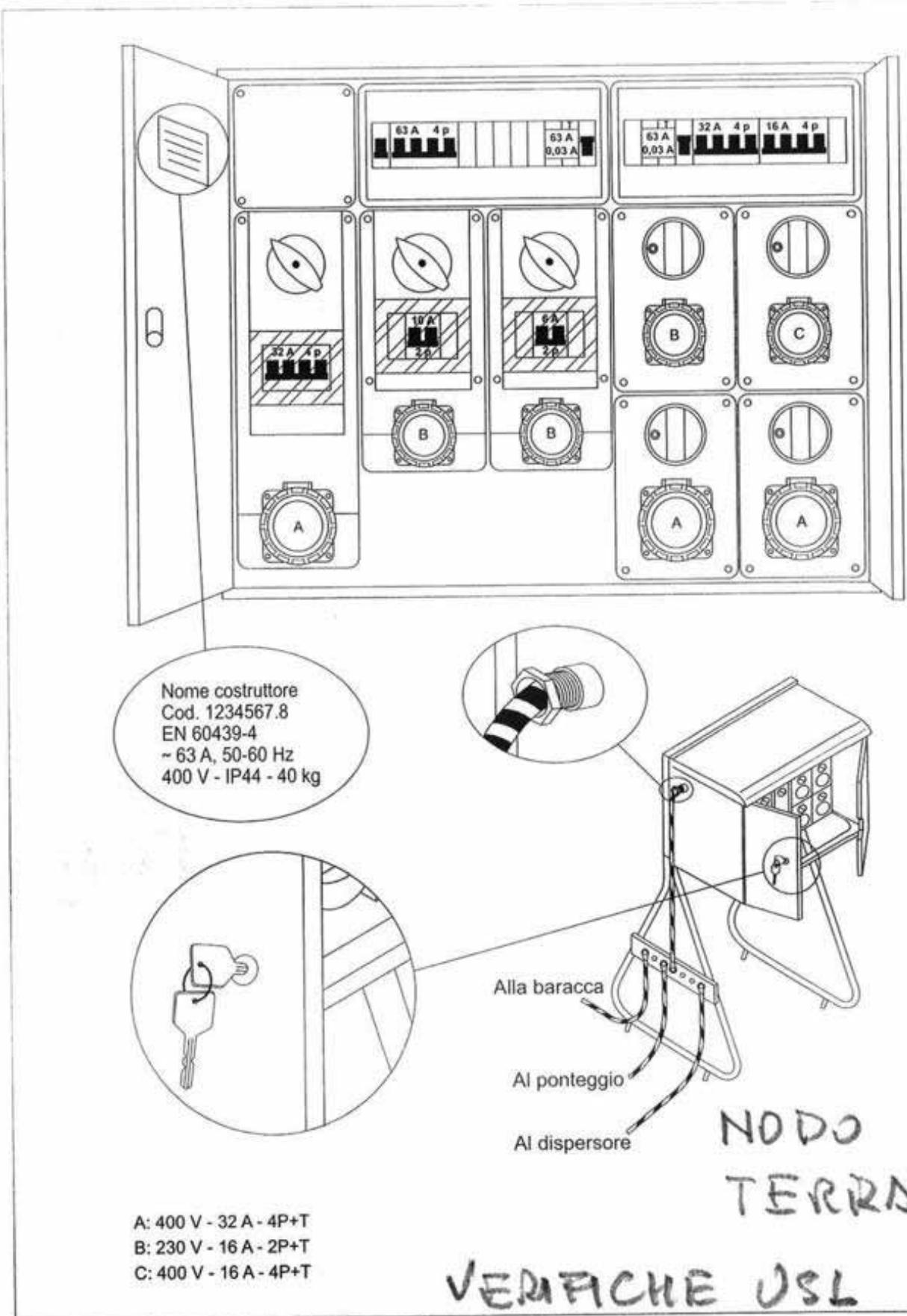


FIGURA 17.6 – Cantiere medio (25 kW) - Prospetto e sistema di installazione del quadro generale, Q1.

SCHEMA UNIFILARE

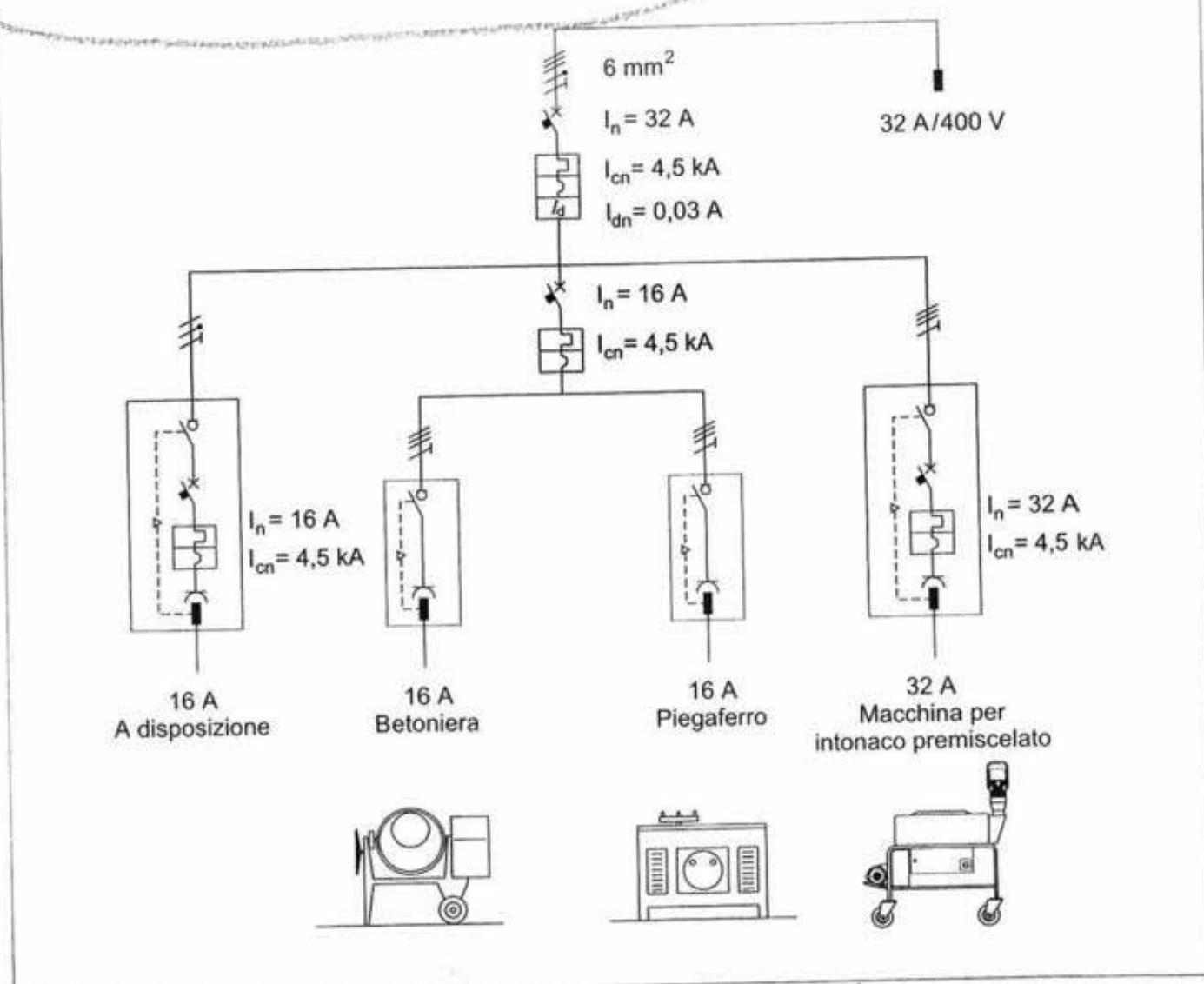


FIGURA 17.7 – Cantiere medio (25 kW) - Schema unifilare del quadro Q2.

Il quadro prese alimenta la sega circolare, la puliscitavole ed eventuali altri apparecchi utilizzatori.

Nella fig. 17.9 è riportato lo schema unifilare del quadro: nella fig. 17.10 il prospetto ed il sistema di installazione.

Quadro di prese a spina Q4

All'interno del quadro è installato un trasformatore di sicurezza 230/24 V per alimentare lampade portatili o proiettori trasportabili, funzionanti a 24 V (SELV), da utilizzare nei luoghi conduttori ristretti, fig. 17.11.

Il quadro, destinato ad essere spostato durante l'uso, è di materiale