

In base alla norma CEI 11-17, art. 4.3.01, un cavo di energia direttamente interrato, che incrocia una tubazione metallica, deve essere posto ad una distanza di almeno 0,5 m dalla tubazione stessa. Tale distanza può essere ridotta a 0,3 m se il cavo, o il tubo metallico, è contenuto in un manufatto di protezione non metallico, oppure se nell'incrocio viene interposto un elemento separatore anch'esso non metallico, ad esempio una lastra di calcestruzzo o di materiale rigido isolante.

Nei parallelismi, la distanza in pianta tra cavi e tubazioni metalliche, o tra eventuali manufatti di protezione, deve essere almeno 0,3 m, CEI 11-17, art. 4.3.02.

Previo accordo fra gli esercenti le condutture, la distanza in pianta tra cavi e tubazioni metalliche può essere minore di 0,3 m se la differenza di quota è superiore a 0,5 m o se viene interposto fra cavo e tubazione un elemento separatore non metallico. Le distanze minime delle condutture elettriche interrate dai tubi del gas sono stabilite dal DM 24/11/84.⁸

5. Portata

5.1 Generalità

Come è noto, la portata I_z di un cavo è il più elevato valore di corrente che, in determinate condizioni di posa, quel cavo può condurre a regime termico senza che la sua temperatura superi il valore massimo ammesso (ad esempio, 70 °C per i cavi in pvc e 90 °C per quelli in gomma G7 e G10).

La portata di un cavo interrato, con una determinata sezione e isolante, dipende dalla profondità di posa, dalla resistività termica e temperatura del terreno.⁹

Se si aumenta la *profondità di posa* (o di interrimento) di un cavo, a parità di temperatura del terreno, la sua portata si riduce. Infatti, più profondo è il cavo, maggiore è il volu-

Tabella B - Valori indicativi della resistività termica di alcuni tipi di terreni e materiali.

<i>Tipo di terreno</i>	<i>Resistività termica (K m/W)</i>
Terreno con bassa umidità	2
Terreno con umidità normale	1
Terreno argilloso	1
Sabbia asciutta ⁽¹⁾	3
Sabbia satura di umidità	0,5
Calcestruzzo	1,1
Ghiaia	3

⁽¹⁾ Nel caso di un cunicolo riempito di sabbia è prudente assumere valori non inferiori a 2 K m/W.

me di terreno che il calore, prodotto dal passaggio della corrente nel cavo, deve attraversare per raggiungere la superficie.

I vantaggi di una posa a piccola profondità, però, sono annullati dall'aumento di temperatura e resistività termica degli strati superficiali del terreno durante il periodo estivo.

In conclusione, l'influenza della profondità di posa sulla portata del cavo è minima.

I costi per lo scavo, invece, aumentano sensibilmente al crescere della profondità di posa.

In genere, si posano i cavi ad una profondità di 0,5 ÷ 0,8 m.

La *resistività termica del terreno* è un indice della modalità di trasmissione del calore nel terreno.

Più elevata è la resistività termica del terreno, maggiore è la difficoltà di un cavo a smaltire il calore nel terreno circostante.

Per tale ragione, al crescere della resistività termica del terreno si riduce la portata del cavo.

La resistività termica dipende dal tipo di terreno e dal suo grado di umidità; inoltre, è più elevata nei terreni meno compatti (ad esempio, dopo

lo scavo), perché le sacche d'aria costituiscono un isolante termico.

La resistività termica diminuisce all'aumentare dell'umidità del terreno. Da notare che il calore emesso da un cavo asciuga il terreno circostante, dunque ne aumenta la resistività termica durante l'esercizio.

In tabella B sono riportati i valori indicativi di resistività termica di alcuni tipi di terreni e materiali.

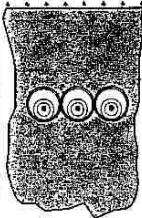
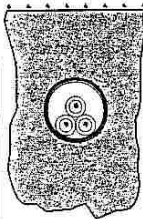
Tali valori, però, devono essere assunti con le dovute cautele, in quanto la scelta del valore di resistività termica del terreno costituisce senza dubbio l'incognita maggiore, mentre influenza in modo decisivo la portata dei cavi interrati.

Una valutazione troppo ottimistica di tale resistività può quindi determinare una portata maggiore di quella ammissibile, con conseguenti danni per il cavo.

⁸ Per maggiori dettagli sulle distanze di rispetto delle condutture elettriche da altre condutture (quali gasdotti, cavi di telecomunicazioni, ecc.) vedasi la guida blu n. 6, "Illuminazione esterna", Edizioni TNE, par. 2.4.

⁹ Ai fini della portata, i cavi posati in un cunicolo riempito di sabbia sono considerati equivalenti ai cavi direttamente interrati.

Tabella C - Portate I_0 (A) di cavi interrati a 0,8 m di profondità, temperatura del terreno 20 °C, resistività termica 2 K m/W.

Tipo di posa	Isola-mento	N. conduttori caricati	Sezione (mm ²)															
			1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	
 Un cavo unipolare per tubo (tubi a contatto)	pvc	2	20	26	34	42	57	74	95	114	141	172	202	233	265	297	347	
		3	18	23	31	39	51	67	85	103	127	154	181	208	236	264	308	
	gomma G7 o G10	2	23	31	40	49	66	86	110	133	164	200	235	271	309	347	405	
		3	21	28	36	44	60	77	99	120	147	178	210	241	274	306	357	
 Cavi unipolari in tubo (unico circuito)	pvc	2	19	24	32	41	55	70	91	111	138	168	200	230	263	295	347	
		3	16	21	27	34	46	60	77	94	116	142	168	194	221	249	293	
	gomma G7 o G10	2	22	29	37	47	63	82	106	130	160	196	232	268	306	345	405	
		3	19	24	32	40	53	70	90	109	135	166	195	226	258	291	341	
 Cavo multipolare in tubo	pvc	2	17	23	30	37	51	66	86	105	130	159	189	218	248	279	328	
		3	15	19	25	32	43	56	72	88	109	135	159	184	210	236	277	
	gomma G7 o G10	2	21	27	35	45	60	78	101	124	153	188	223	258	295	331	389	
		3	17	23	29	37	50	66	85	104	128	158	187	217	248	278	328	

Se il valore della resistività termica del terreno non è noto, come in genere accade, si può assumere il valore di 2 K m/W come suggerito dalla tabella CEI UNEL 35026 (punto 5.2), oppure adottare, a favore della sicurezza, il valore di 2,5 K m/W, secondo le indicazioni della norma IEC 60364-5-523.

La temperatura del terreno dipende dalle condizioni climatiche e dalla profondità di posa. Ovviamente, la portata dei cavi diminuisce all'aumentare della temperatura del terreno.

Alla profondità di posa di 0,7 ÷ 0,8 m, si può assumere una temperatura del terreno di 20 °C.

La temperatura del terreno può essere considerata inferiore a 20 °C per cavi interrati in montagna.

Per cavi interrati a profondità ridotta, specie nelle regioni meridionali dove il clima è più caldo, occorre invece considerare una temperatura del terreno maggiore di 20 °C.

La portata di un cavo interrato, infine, si riduce se è affiancato ad altre condutture elettriche interrate. L'influenza tra due cavi, dal punto di vista termico, è maggiore nel terreno che in aria.

Per annullare la mutua influenza (termica) tra cavi in aria è sufficiente una distanza pari al diametro del cavo di sezione maggiore, mentre i cavi interrati sono termicamente indipendenti solo se posati ad una distanza di oltre 1 m (vedasi la tabella E).

5.2 La tabella CEI UNEL 35026

La tabella CEI UNEL 35026, fasc. 5777, "Portate di corrente in regime permanente per posa interrata", in vigore dal 1/11/00, fornisce gli elementi ed il metodo per determinare la portata in regime permanente dei cavi di bassa tensione, interrati nelle varie condizioni di posa.¹⁰

La portata I_x di un cavo interrato si calcola con la formula:

Tabella D - Fattore di correzione K1 per temperatura del terreno diversa da 20 °C.⁽¹⁾

Temperatura del terreno [°C]	Tipo di isolamento	
	PVC	Gomma G7 o G10
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

(1) Per le portate dei cavi in aria, invece, la tabella CEI UNEL 35024/1 fa riferimento ad una temperatura dell'aria di 30 °C.

$$I_x = I_0 \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4$$

dove:

• I_0 = portata del singolo cavo multipolare, o del singolo circuito costituito da cavi unipolari, con isolamento in pvc o gomma (G7, G10), posato in tubo o in cunicolo a 0,8 m di profondità, in un terreno a 20 °C con resistività termica 2 K m/W, tabella C;

• K1 = fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20 °C, tabella D;

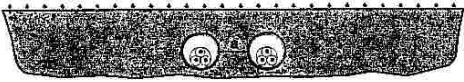
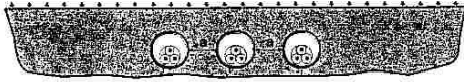
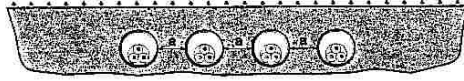
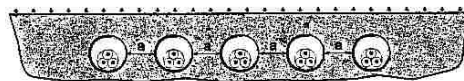
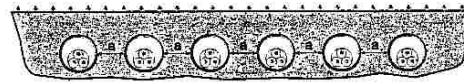
• K2 = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano, tabella E;

• K3 = fattore di correzione per profondità di posa del cavo diversa da 0,8 m, tabella F;

• K4 = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 2 K m/W, tabella G.

¹⁰ Per maggiori dettagli sul calcolo della portata secondo la tabella CEI UNEL 35026, vedasi TNE 12/00, pag. 3.

Tabella E - Fattore di correzione K2 per gruppi di tubi interrati sullo stesso piano. ⁽¹⁾

Tipo di posa	Distanza "a"			
	a contatto	25 cm	50 cm	100 cm
	0,85	0,90	0,95	0,95
	0,75	0,85	0,90	0,95
	0,70	0,80	0,85	0,90
	0,65	0,80	0,85	0,90
	0,60	0,80	0,80	0,90

(1) Nelle figure sono rappresentati cavi multipolari, ma il fattore di correzione K2 è applicabile anche a circuiti costituiti da cavi unipolari.

I valori della corrente I_0 indicati nella tabella C sono stati ricavati dalla tabella CEI UNEL 35026, tabella I, assumendo una resistività termica del terreno di 2 K m/W, anziché 1,5 K m/W come indicato da tale tabella CEI UNEL. Si evita, così, di dover ricorrere continuamente al coefficiente correttivo K4 (tra l'altro, diverso per cavi unipolari e multipolari, tabella G) per calcolare la portata per una resistività termica di 2 K m/W (convenzionalmente assunta dalla tabella CEI UNEL 35026 in mancanza di dati più precisi).

Le portate I_0 di tabella C sono calcolate in funzione della massima tem-

peratura di funzionamento che gli isolanti dei cavi possono sopportare in regime permanente: 70 °C per cavi con isolamento in pvc, 90 °C per cavi con isolamento in gomma.

Se in una stessa tubazione sono posati contemporaneamente cavi in pvc e cavi in gomma, cautelativamente si deve declassare la portata dei cavi in gomma a quella dei cavi in pvc, che hanno temperatura massima di funzionamento più bassa.

Secondo la tabella CEI UNEL 35026, art. 4.1, la portata dei cavi in gomma posati in tubi separati, ma posti ad una distanza inferiore a 1 m da altri tubi con cavi in pvc, può esse-

re cautelativamente declassata a quella dei cavi in pvc. Ciò appare veramente eccessivo.

Si ricorda che nel numero dei conduttori caricati, tabella C, non si considera il conduttore di protezione e, in genere, neanche il conduttore di neutro dei circuiti trifase, perché normalmente non è percorso da una corrente apprezzabile nel funzionamento ordinario. Il neutro deve essere considerato come un conduttore caricato solo in casi particolari, ad esempio in presenza di armoniche di notevole intensità o di circuiti fortemente squilibrati, punto 5.5.