

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA  
*Dipartimento di Ingegneria*  
*Contrada Di Dio I, 98166 – Villaggio S. Agata Messina*

# ***Appunti Corso di Sistemi Elettrici***

***Capitolo 06 Cavi elettrici***

*Anno Accademico 2015-2016*

*prof. ing. Bruno Azzerboni*

***Fonti:***

*Manuali, guide e cataloghi*  
*ABB, bTicino, Gewiss, Merlin Gerin*  
*Schneider, Siemens*

***Web:***

[www.elektro.it](http://www.elektro.it)  
[www.voltimum.it](http://www.voltimum.it)  
[www.electroyou.it](http://www.electroyou.it)

## ***Sommario***

6. Cavi elettrici	3
6.1 Tensioni nominali d'isolamento	4
6.2 Temperature caratteristiche	4
6.3 Comportamento in caso d'incendio	6
6.3.1 Cavi di bassa tensione a ridotta emissione di gas tossici e corrosivi e fumi opachi	6
6.3.2 Cavi non propaganti la fiamma, l'incendio e resistenti al fuoco	7
6.3.3 Emissione di gas tossici, corrosivi e fumi opachi	9
6.4 Sigle di designazione dei cavi	11
6.4.1 Cavi armonizzati	11
6.4.2 Cavi non armonizzati	13
6.5 Tipi di posa	15
6.6 Portata di un cavo	16

## 6. Cavi elettrici

Si definisce *cavo elettrico* un insieme di conduttori riuniti tra di loro (anche uno solo), ciascuno isolato rispetto sia agli altri, sia verso l'esterno. Ogni conduttore, con il proprio isolamento, è detto *anima del cavo*. I cavi vengono distinti in funzione:

- della tensione di esercizio del sistema nel quale saranno posti in esercizio (cavi per bassa, media ed alta tensione),
- del numero delle anime (unipolari o multipolari);
- del tipo di isolamento impiegato;
- della conformità o meno ai documenti di armonizzazione del CENELEC, European Committee for Electrotechnical Standardization, (cavi armonizzati e non armonizzati).

La struttura di un cavo varia in funzione del numero delle anime e della tensione, la sezione di un cavo tripolare è rappresentata in figura 1. Non tutte le parti di un cavo sono presenti in tutti i tipi di cavo; in particolare il materiale di riempimento, la cintura e l'armatura metallica non sono utilizzati in cavi di sezione non elevata, in bassa tensione e non soggetti a particolari sforzi meccanici.

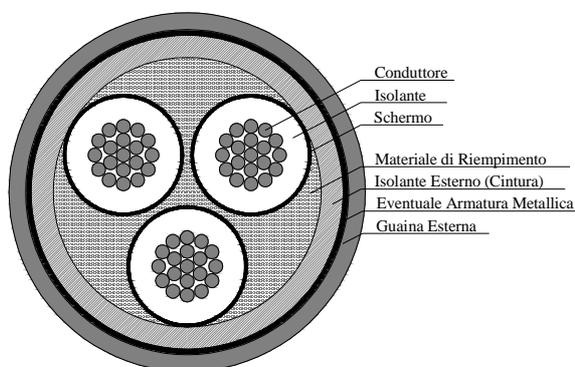


Figura - 1

I **conduttori** sono generalmente di rame (poche volte di alluminio), a filo unico o a corda, sono di forma rotonda o settoriale. Sono distinti a seconda della loro flessibilità ed in base al tipo d'installazione, fissa o mobile, alla quale sono adatti.

L'**isolante** ha lo scopo di isolare i conduttori sia tra loro, sia verso massa; dalla qualità dello stesso dipendono le prestazioni del cavo. I materiali più comunemente utilizzati sono:

- *resine termoplastiche*, tipo polivinilcloruro (PVC) e polietilene reticolato (XLPE). Queste resine sono molto utilizzate per cavi di bassa e media tensione (solo XLPE),
- *elastomeri sintetici*, come la gomma etilenpropilenica (EPR) usata per cavi di bassa e media tensione, e quella siliconica che ha ottime caratteristiche di resistenza al calore, non si usa più la gomma naturale;
- *isolanti minerali* a base di ossido di magnesio, usati per cavi di bassa tensione quando necessitano buone caratteristiche di resistenza al fuoco;
- *carta impregnata*, usata per cavi di media ed alta tensione, distinti in base al tipo di impregnante utilizzato (normali, ad olio fluido, a pressione di gas).

Lo **schermo** fa sì che la distribuzione del campo elettrico che si forma nell'isolante abbia le linee di forza radiali uscenti dal conduttore (cavi a campo radiale). Questa distribuzione del campo serve per limitare le sollecitazioni dielettriche sull'isolante. La schermatura è realizzata mediante un sottile nastro di rame avvolto sull'insieme delle anime o sulla singola anima, soluzione questa più efficace. Per i cavi di bassa tensione lo schermo non si utilizza.

Il **materiale di riempimento**, presente solo nei cavi multipolari di grossa sezione, ha la funzione di riempire gli interstizi tra le anime così da conferire al cavo la forma rotonda.

L'**isolante esterno (cintura)** è utilizzato per aumentare l'isolamento verso massa e per proteggere lo schermo.

L'**armatura metallica** è per la protezione dei cavi sottoposti a forti sollecitazioni meccaniche, è realizzata con un tubo metallico di piombo o di alluminio, oppure con fili o nastri in acciaio.

La **guaina esterna** protegge il cavo dagli agenti esterni (luce, agenti chimici, umidità etc. etc.). Può essere metallica o, più comunemente, in resine od elastomeri sintetici.

### 6.1 Tensioni nominali d'isolamento

Ogni cavo è caratterizzato dalle seguenti tensioni il cui valore dipende dal tipo e dallo spessore dell'isolante delle anime:

- $U_0$  [kV] è il valore efficace della tensione nominale di riferimento per l'isolamento, a frequenza di esercizio, tra ogni conduttore e terra;
- $U$  [kV] è il valore efficace della tensione nominale di riferimento per l'isolamento, a frequenza di esercizio, tra due conduttori isolati qualsiasi del cavo;
- $U_p$  [kV] è il valore di cresta della tensione di tenuta ad impulso atmosferico.

### 6.2 Temperature caratteristiche

A seconda del tipo di isolante utilizzato si definiscono due temperature caratteristiche dei cavi, intese come valori massimi ammissibili delle temperature che possono assumere i conduttori:

- **temperatura massima ammissibile in regime permanente (temperatura di servizio)**, riferita al funzionamento ordinario con corrente pressoché costate;
- **temperatura massima di corto circuito**, riferita al funzionamento in corto, prima dell'intervento delle protezioni; durante questo intervallo di tempo si ha un elevato riscaldamento anche se di breve durata.

I valori di queste temperature influiscono sulle prestazioni del cavo, infatti, cavi con maggiore temperatura d'esercizio hanno una maggiore portata, mentre cavi con maggiore temperatura di corto sopportano una maggiore energia termica specifica. La normativa stabilisce i valori di queste temperature, per esempio la temperatura di esercizio è uguale a 70°C per cavi isolati in PVC ed a 90°C per cavi isolati in EPR o XLPE; questa temperatura può arrivare a 180°C per isolamenti a base di resine siliconiche. La temperatura massima di corto varia normalmente da 150 a 350°C.

La tabella seguente riporta i valori ammissibili delle temperature in funzione del tipo di isolante del cavo.

<b>Valori Massimi Ammissibili delle Temperature di Servizio e di Corto Circuito, in Funzione del Tipo di Isolante del Cavo (Norma CEI 11-17)</b>		
<b>Isolante del cavo</b>	<b>Massima Temperatura di servizio [°C]</b>	<b>Massima Temperatura di corto circuito [°C]</b>
Carta impregnata con olio fluido	90 <sup>(1)</sup>	220 <sup>(1)</sup>
Carta impregnata	50 ÷ 80 <sup>(2)</sup>	200 <sup>(1)</sup>
Gomma ordinaria, G1, EI1	60	200
Gomma etilenpropilenica (G5, G7 e G10)	90	250 <sup>(4)</sup>
PVC di qualità R, R2, TI1	70 <sup>(5)</sup>	160 <sup>(3) (5)</sup>
PVC di qualità Rf, TI2	70 <sup>(5)</sup>	150 <sup>(3) (5)</sup>
Polietilene reticolato	90	250 <sup>(4)</sup>
Gomma siliconica (G4, EI2)	180	350
Gomma G9	90 <sup>(5)</sup>	250
Carta impregnata con olio fluido	90 <sup>(1)</sup>	220 <sup>(1)</sup>
Carta impregnata	50 ÷ 80 <sup>(2)</sup>	200 <sup>(1)</sup>
Gomma ordinaria, G1, EI1	60	200

(1) Valori provvisori in quanto non specificati da norme CEI.  
(2) In funzione della tensione nominale e del tipo di miscela impregnante.  
(3) Per sezioni  $\geq 240 \text{ mm}^2$  queste temperature devono essere ridotte a 140 °C.  
(4) Per sezioni  $> 240 \text{ mm}^2$  e tensioni nominali 0,6/1 kV questa temperatura deve essere ridotta a 220 °C se il cavo è munito di una guaina di PVC.  
(5) Quando si adottano provvedimenti per limitare i danni da incendio di cavi, per i cavi isolati in PVC privi di rivestimento protettivo la temperatura di servizio va ridotta a 55 °C e quella massima di corto circuito a 140 °C. Per i cavi isolati in gomma G9 privi di rivestimento protettivo la temperatura di servizio va ridotta a 70 °C.

### 6.3 Comportamento in caso d'incendio

Per alcune particolari applicazioni, tipo luoghi a maggior rischio in caso di incendio e luoghi di pubblico spettacolo, i cavi devono avere precisi requisiti relativamente:

- *alla non propagazione della fiamma e dell'incendio;*
- *alla resistenza al fuoco;*
- *alla bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi.*

Tutte queste caratteristiche sono oggetto di prove con le modalità stabilite dalle Norme CEI del CT20. Più specificatamente:

- *la non propagazione della fiamma* è inerente la capacità del *singolo cavo* di evitare che l'effetto della combustione vada oltre un certo limite dal punto del cavo sottoposto alla fiamma, mentre la *non propagazione dell'incendio*, viene provata su un *fascio di spezzoni* dello stesso cavo, di prestabilita lunghezza e quantità di materiale non metallico. Essa stabilisce se un certo cavo è idoneo a non trasmettere l'incendio quando è posato in fascio come per esempio nel caso di posa in canale metallico;
- *la prova di resistenza al fuoco* consente di verificare la capacità di un cavo di conservare inalterate le sue proprietà di isolamento, per un determinato tempo, quando lo stesso è sottoposto ad una fiamma di determinate caratteristiche. Prova necessaria per i cavi da usare in quei circuiti che devono funzionare, per un certo tempo, anche durante un incendio, come quelli di alimentazione dei mezzi antincendio;
- *per i cavi a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi*, utilizzati in ambienti chiusi e frequentati dal pubblico al fine di ridurre il pericolo di asfissia durante l'incendio, la prova serve a confrontare le quantità dei prodotti emessi con i valori di riferimento imposto dalle norme.

#### 6.3.1 Cavi di bassa tensione a ridotta emissione di gas tossici e corrosivi e fumi opachi

Le caratteristiche tecniche da considerare nella scelta di un cavo per quanto riguarda gli isolanti sono principalmente di natura elettrica (rigidità dielettrica e resistenza di isolamento), meccanica (resistenza all'abrasione) e di comportamento nei confronti del fuoco. Mentre le prime due caratteristiche sono tipiche di qualsiasi tipo di cavo, il comportamento nei confronti del fuoco rappresenta un parametro distintivo di una specifica tipologia di cavi ai quali, in relazione all'ambiente di installazione, può essere richiesto di non essere causa di innesco e propagazione di incendio, di garantire la continuità di servizio degli impianti di sicurezza e di non emettere sostanze tossiche, corrosive e fumi opachi (fig. 1).

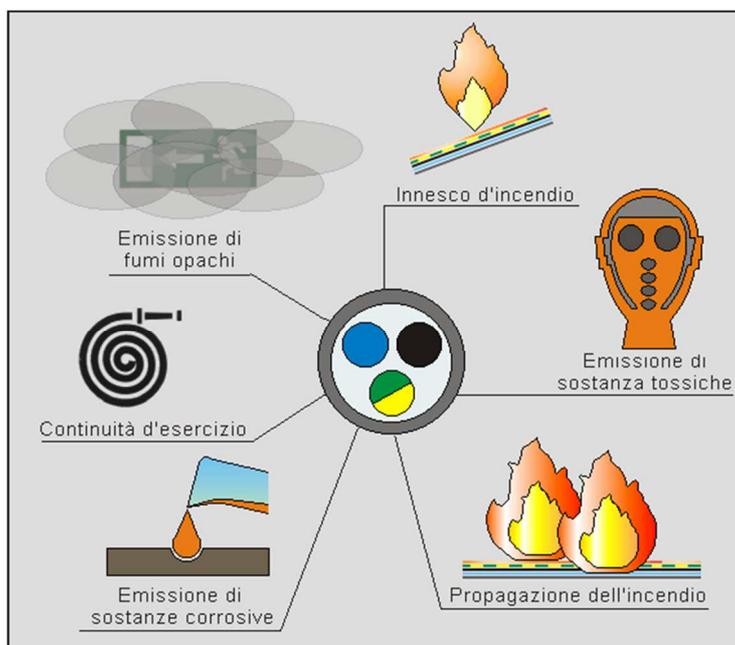


Fig. 1 – I cavi e l'incendio

### 6.3.2 Cavi non propaganti la fiamma, l'incendio e resistenti al fuoco

Nei confronti del fuoco si possono individuare essenzialmente tre tipologie di cavi rispondenti rispettivamente alle Norme CEI 20-35, per i cavi non propaganti la fiamma, CEI 20-22, per i cavi non propaganti l'incendio, CEI 20-36 per i cavi resistenti al fuoco. Il requisito di non propagazione della fiamma, prerogativa di quasi tutti i cavi attualmente in commercio, viene stabilito sottoponendo uno spezzone verticale di cavo alla fiamma di un cannello Bunsen. La prova dovrà dimostrare la capacità di autoestinguenza del cavo il cui isolante, pur incendiandosi e rovinandosi quando è sfiorato dalla fiamma, dovrà essere in grado di autoestinguersi entro 65 cm dal punto di applicazione della fiamma (fig. 2).

La prova viene eseguita su un singolo cavo verticale e quindi questo tipo di cavi non garantisce dalla non propagazione dell'incendio se i cavi sono installati in fasci o posati ad una interdistanza inferiore a 250 mm poiché lo scambio di calore con l'ambiente in caso di incendio avviene in condizioni più gravose di quelle prescritte nella prova di accettabilità.

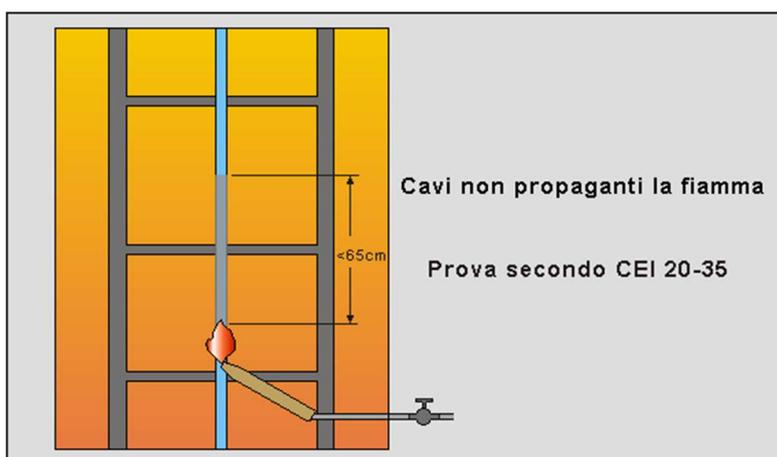


Fig. 2 – L'isolante del singolo cavo s'incendia ma la fiamma non si espande oltre i 65 cm dal punto di applicazione e si estingue quando la fiamma è allontanata.

I cavi non propaganti l'incendio sono invece provati in fasci verticali, in quantitativi ben definiti, all'interno di cunicoli a tiraggio naturale che simulano le condizioni ambientali in presenza di un incendio. Il fascio di cavi è incendiato da un bruciatore in un ambiente di prova in cui si raggiungono i 750 °C e per superare la prova deve bruciare senza che la fiamma si propaghi oltre una certa lunghezza (fig. 3). Se installati rispettando i quantitativi stabiliti dalle prove questo tipo di cavi garantisce la non propagazione dell'incendio ma non l'affidabilità in condizioni d'emergenza.

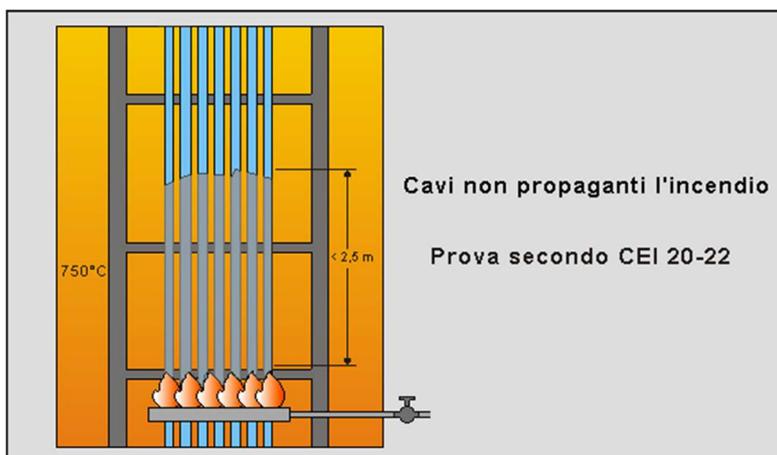


Fig. 3 – L'isolante del fascio di cavi brucia ma la fiamma non si estende oltre i 2,5 m.

Per garantire la continuità di funzionamento in caso di emergenza occorre scegliere cavi resistenti al fuoco. Sono cavi che devono resistere per almeno tre ore alla fiamma di un bruciatore in un forno a 750 °C (fig. 4). Il cavo deve poter funzionare regolarmente, anche con l'isolante bruciato, per un tempo sufficiente a permettere il regolare funzionamento dei servizi necessari in caso di emergenza.

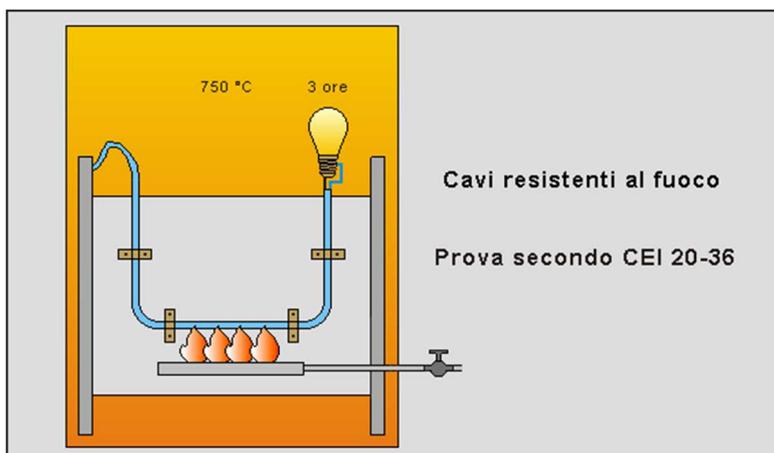


Fig. 4 – Il cavo deve poter funzionare per almeno 3 ore anche con l'isolante danneggiato

I materiali principalmente utilizzati per cavi elettrici di bassa tensione in grado di fornire le prestazioni su descritte sono costituiti da polimeri reperibili nel mercato su vasta scala. Le loro qualità di non propagazione sono dovute essenzialmente alla presenza dell'atomo di cloro nella molecola del PVC e all'aggiunta, in quantità più o meno rilevanti, di un ulteriore componente, la cloroparaffina. La combustione è ostacolata proprio dall'emissione in forma gassosa del cloro <sup>(1)</sup> che però, purtroppo, è molto tossico per le persone e corrosivo per le cose (fig. 5).

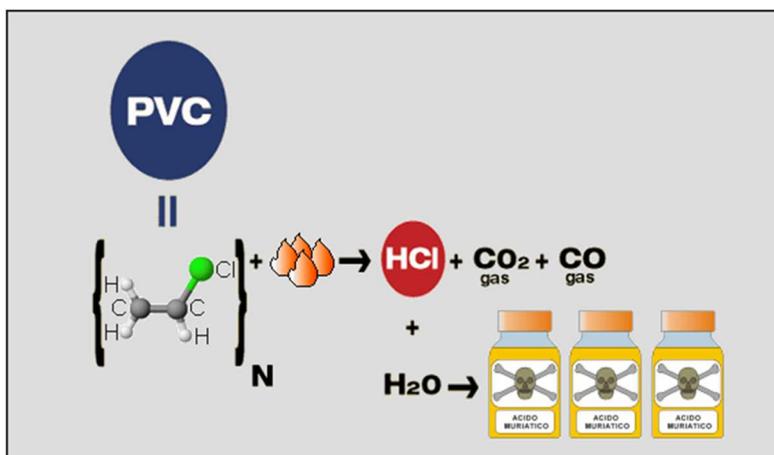


Fig. 5 – Il PVC e l'incendio

Alcuni di questi materiali impiegati negli isolamenti, riempitivi e guaine dei cavi, sono costituiti da alcuni componenti chimici come gli alogeni <sup>(2)</sup> che possono creare, in caso di incendio, situazioni sfavorevoli per la sicurezza delle persone e per l'ambiente. In caso d'incendio i cavi possono emettere fumi densi e scuri, altamente tossici e corrosivi e alla fine della loro vita richiedono procedure particolari per lo smaltimento (fig. 6) ai fini della riduzione dell'impatto ambientale.

(1) Il **cloro**, simbolo *Cl*, è un **alogeno**, posizionato nel gruppo 17 della tavola periodica. Il gas cloro è di colore verde giallastro, due volte e mezzo più pesante dell'aria di odore estremamente sgradevole e soffocante risulta molto velenoso per le persone. È un potente agente, ossidante, sbiancante e disinfettante. E' contenuto nel comune sale da cucina e in molti altri composti, abbondante in natura è necessario a quasi tutte le forme di vita, compreso l'organismo umano. Il cloro è utilizzato nella depurazione dell'acqua, nei disinfettanti, come sbiancante e purtroppo anche in un gas utilizzato come arma chimica. Serve anche per la fabbricazione di molti oggetti di uso quotidiano, come carta, antisettici, tinture, alimenti, insetticidi, vernici, lavorazione di prodotti petroliferi, plastica, medicinali, tessuti, solventi. Un uso molto comune è come battericida (acido ipocloroso) nell'acqua potabile e nelle piscine. In chimica organica è usato diffusamente come ossidante e per sostituire atomi di idrogeno nelle molecole, come ad esempio nella produzione della gomma sintetica. Il cloro infatti conferisce spesso molte proprietà utili ai composti organici con cui viene combinato. Viene utilizzato anche per altri usi come la produzione di clorati, cloroformio e tetracloruro di carbonio, e nell'estrazione del bromo.

(2) Gli **alogeni** (dal greco *alos-* -genos, generatore di sali) sono gli elementi del gruppo 17 della tavola periodica (VII in base al numero di elettroni esterni): Fluoro, Cloro, Bromo, Iodio, Astatio.

### 6.3.3 Emissione di gas tossici, corrosivi e fumi opachi

Le emissioni di gas e fumi durante un incendio (tab. 1), contrariamente a quanto comunemente la maggior parte delle persone è indotta a credere, si dimostrano assai più pericolose e dannose del fuoco stesso perché si propagano in poco tempo a grande distanza dal luogo dell'incendio ed esplicano un meccanismo di azione estremamente rapido nei confronti degli organismi viventi e delle cose. Si possono formare gas molto tossici e letali per le persone (fig. 7) e altamente corrosivi che possono danneggiare in modo significativo i materiali organici e inorganici (compresi i metalli).

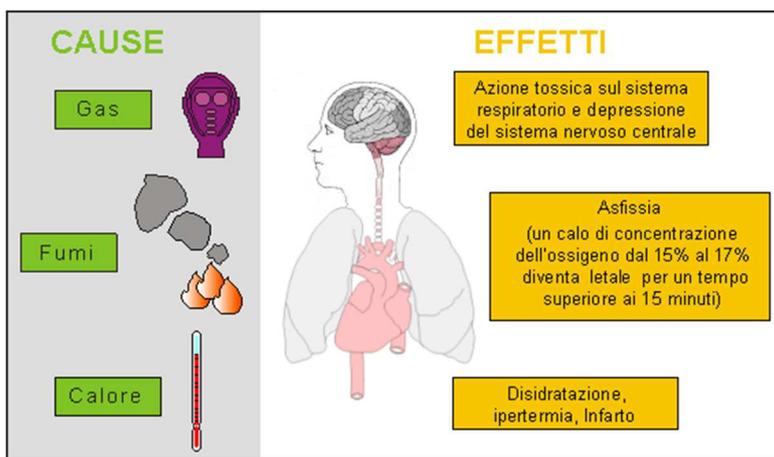


Fig. 7 – Cause ed effetti sulla la persona

I gas alogenati in particolare si dimostrano molto pericolosi perché quando entrano in contatto con l'acqua, anche con piccole parti, formano l'acido. Ad esempio il cloro contenuto nel PVC utilizzato negli isolanti dei cavi fornisce l'acido cloridrico. L'acqua che si combina con questi gas può essere ovunque: l'umidità che si trova negli occhi, nella gola e nei polmoni degli individui, nell'aria, nei sistemi di spegnimento, ecc. Gli incendi nei quali è coinvolta la combustione di materiali alogenati possono essere devastati. L'inalazione dei vapori emessi può causare danni, a volte irreversibili, e persino la morte degli esseri umani mentre "la pioggia acida" ed i vapori acidi possono intaccare e a volte distruggere oggetti e materiali.

	Formula	Livello di concentrazione letale (%)
Monossido di carbonio	CO	>0,5-1
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	10% se >10 minuti
Acido solfidrico	H <sub>2</sub> S	>0,07-1
Anidride solforosa	SO <sub>2</sub>	>0,5
Ammoniaca	NH <sub>3</sub>	0,25-0,65
Acido cianidrico	HCN	>0,3
Ossidi di azoto	NO <sub>x</sub>	0,02-0,07
Acroleina	CH <sub>2</sub> :CHCHO	>0,001
Acido cloridrico	HCl	1-2
Cloro	Cl	0,05

Tab. 1 - Gas tossici che possono svilupparsi durante un incendio

E' staticamente provato che le vittime degli incendi sono per lo più morte per soffocamento ancor prima che per effetto delle alte temperature. Non dimentichiamo che gli isolanti sono costituiti da materiali organici che bruciando provocano la formazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e, se come accade di norma negli incendi la combustione avviene in carenza di ossigeno, di monossido di carbonio (CO) che fra i due gas risulta essere il più pericoloso per le persone.

Il monossido di carbonio è altamente tossico, viene emesso in grandi quantità durante un incendio ma soprattutto si dimostra particolarmente insidioso perché, essendo completamente inodore, si presenta inaspettatamente. L'azione tossica si manifesta impedendo all'emoglobina di trasportare ai vari tessuti l'ossigeno necessario. La penuria di ossigeno (anossia) si ripercuote principalmente sul cervello, nei reni, e nel fegato. Con livelli di concentrazione superiori a 1% il soggetto può rapidamente cadere in uno stato di incoscienza e morire entro pochi minuti. Con concentrazioni più basse il soggetto cade in uno stato confusionale (sonnolenza, vertigini, perdita del senso di orientamento, forte cefalea) associato ad una fiacchezza muscolare che gli impedisce di allontanarsi dal pericolo e di porsi in salvo. In pochi minuti subentra un coma sempre più profondo finché la morte si manifesta per arresto cardiaco.

In caso di incendio si ha anche una notevole produzione di anidride carbonica. E' meno pericolosa del monossido di carbonio (da non sottovalutare anche l'effetto che determina la sua emissione sull'ambiente) e può provocare come principale effetto tossico l'innalzamento della frequenza respiratoria e a volte, nei casi più gravi, la morte. La parte del sistema nervoso centrale deputata al controllo della respirazione è estremamente sensibile al tasso di anidride carbonica presente nel sangue. Qualsiasi attività fisiologica comporta dispendio energetico per l'organismo con un maggior consumo di ossigeno e un'aumentata produzione di anidride carbonica da parte dei tessuti interessati. Quando il tasso di ossigeno nel sangue diminuisce e aumenta quello dell'anidride carbonica, si attivano i centri encefalici che determinano l'aumento della frequenza respiratoria. Questo processo favorisce una maggiore ossigenazione del sangue e nello stesso tempo una maggiore eliminazione di anidride carbonica. Quando nell'aria c'è poco ossigeno e il tasso di anidride carbonica è elevato, l'aumento della respirazione produce l'effetto opposto. L'anidride carbonica nel sangue invece di diminuire aumenta ulteriormente e, di conseguenza, si crea un meccanismo per cui l'aumento della frequenza cardio-respiratoria determina una sempre più grave insufficienza respiratoria che conduce inevitabilmente all'edema polmonare e alla morte. Il comportamento nei confronti dell'azione tossica dell'anidride carbonica è variabile da individuo a individuo cosicché alcuni si dimostrano più resistenti di altri. Indicativamente una concentrazione del 2% aumenta la frequenza respiratoria nel 50% delle persone che può arrivare fino al 100% con concentrazioni del 3%. I primi sintomi di intossicazione, con comparsa di cefalea e stato confusionale, si notano generalmente quando si supera il 5%. Oltre il 10% si può avere perdita di conoscenza e se il periodo di permanenza del soggetto in queste condizioni supera i 10-15 minuti si possono avere danni irreversibili che portano alla morte. Un altro problema non trascurabile durante un incendio riguarda le emissioni di fumi densi e opachi sviluppati dai cavi di tipo standard quando bruciano. In pochissimo tempo l'ambiente viene oscurato limitando le possibilità di fuga e ostacolando l'opera delle squadre di soccorso (fig. 8).



*Fig. 8 – In pochi minuti i fumi densi e opachi, emessi durante un incendio dai cavi che bruciano, riducono la visibilità ostacolando il raggiungimento delle vie d'uscita.*

In alcuni luoghi di installazione tutte queste problematiche non possono essere trascurate e per risolvere in modo soddisfacente le diverse situazioni impiantistiche si deve ricorrere ad un particolare tipo di cavi a ridotta emissione di gas e fumi opachi denominato LSOH acronimo dell'inglese "Low Smoke Zero Halogen" che tradotto significa "basso fumo zero alogeni"

#### 6.4 Sigle di designazione dei cavi

Le caratteristiche costruttive e funzionali dei cavi, vengono indicate con sigle alfanumeriche secondo un ben preciso ordine prestabilito.

##### 6.4.1 Cavi armonizzati

Per cavi unificati nell'ambito della Comunità Europea (**Cavi Armonizzati**), le sigle sono stabilite dalla Norma CEI 20-27, in accordo ai documenti di armonizzazione del CENELEC.

La tabella seguente riporta la sequenza e le principali sigle.

#### Sigle di Designazione dei Cavi Armonizzati (Norma CEI 20-27)

<i>Riferimento alle Norme</i>	<i>Tensioni Nominali</i>
<b>H:</b> tipo armonizzato, rispondente integralmente ai criteri di armonizzazione del CENELEC <b>A:</b> tipo nazionale autorizzato rispondente parzialmente ai criteri di armonizzazione del CENELEC <b>N:</b> tipo nazionale autorizzato, non rientrante tra quelli armonizzati <b>S:</b> tipo conforme a capitolati speciali <b>J:</b> tipo conforme alle norme IEC	<b>00:</b> $U_0/U$ minori di 100 V <b>01:</b> $U_0/U$ compresi tra 100 e 300 V <b>03:</b> $U_0/U = 300/300$ V <b>05:</b> $U_0/U = 300/500$ V <b>07:</b> $U_0/U = 450/750$ V <b>1:</b> $U_0/U = 600/1000$ V
<i>Isolanti e Guaine non Metalliche</i>	<i>Armature Metalliche</i>
<b>R:</b> elastomero generico <b>B:</b> gomma etilenpropilenica <b>S:</b> gomma siliconica <b>V:</b> polivinilcloruro (PVC) <b>V2:</b> PVC per temperatura di 90 °C <b>M:</b> isolante minerale <b>N:</b> policloroprene <b>E:</b> polietilene <b>T:</b> treccia tessile <b>X:</b> polietilene reticolato	<b>L:</b> lega di piombo <b>Z2; Z4; Z6:</b> fili, nastri, trecce d'acciaio <b>Y2; Y3:</b> fili, piattine di alluminio <b>A:</b> conduttore concentrico di alluminio <b>F:</b> guaina d'acciaio <b>K:</b> guaina di zinco
<i>Costruzioni Speciali</i>	<i>Materiale del Conduttore</i>
<b>Niente:</b> cavo rotondo <b>H:</b> cavo piatto divisibile <b>H2:</b> cavo piatto non divisibile <b>D3:</b> organo portante al centro del cavo <b>D4:</b> cavo auto portante	<b>Niente:</b> rame – <b>A:</b> alluminio – <b>Z:</b> materiale speciale
<i>Forma del Conduttore</i>	<i>Numero e Sezione dei Conduttori</i>
– <b>F:</b> corda flessibile (servizio mobile) – <b>H:</b> corda molto flessibile (servizio mobile) – <b>K:</b> corda flessibile di cavo per installazione fissa – <b>R:</b> corda rigida rotonda – <b>S:</b> corda rigida settoriale – <b>U:</b> filo unico rotondo	Numero delle anime x: simbolo moltiplicativo per cavo senza conduttore di protezione <b>G:</b> con conduttore di protezione sezione del conduttore in mm <sup>2</sup>

#### **6.4.1.1 Designazione dei cavi armonizzati**

- H07RN-F 3G1,5:** cavo armonizzato (**H**), 450/750V (**07**), isolato in gomma (**R**), guaina in policloropene (**N**), conduttore in rame a corda flessibile (**F**), **3** anime con sezione del conduttore **1,5** mm<sup>2</sup>, con conduttore di protezione (**G**).
- H05VVH2-F 2x0,75:** cavo armonizzato (**H**), 300/500V (**05**), isolamento in PVC (**V**), guaina in PVC (**V**), costruzione piatta non divisibile (**H2**), conduttore in rame a corda flessibile (**F**), bipolare (**2**) senza conduttore di protezione, sezione del conduttore **0,75** mm<sup>2</sup>.
- N1VV-K 5G6:** cavo nazionale (**N**), 600/1000V (**1**), isolamento in PVC (**V**), guaina in PVC (**V**), conduttore in rame a corda flessibile per installazione fissa (**K**), **5** anime con sezione del conduttore **6** mm<sup>2</sup>, con conduttore di protezione (**G**).
- N07V-K 1x6:** cavo nazionale (**N**), 450/750V (**07**), isolamento in PVC (**V**), guaina in PVC (**V**), conduttore in rame a corda flessibile per installazione fissa (**K**), unipolare (**1**) di sezione **6** mm<sup>2</sup>.
- N1VV-R 4x25:** cavo nazionale (**N**), 600/1000V (**1**), isolamento in PVC (**V**), guaina in PVC (**V**), conduttore in rame a corda rigida rotonda (**R**), **4** anime con sezione del conduttore **25** mm<sup>2</sup>, senza conduttore di protezione.

#### 6.4.2 Cavi non armonizzati

La designazione europea utilizzata per cavi non armonizzati è stabilita dalla Norma CEI-UNEL 35011 e prevede la sequenza ed i simboli riportati nella tabella seguente.

#### *Sigle di Designazione dei Cavi non Armonizzati (Norma CEI-UNEL35011)*

<i>Formazione del Cavo</i>	<i>Materiale e Flessibilità dei Conduttori</i>
Numero anime × sezione dei conduttori in mm <sup>2</sup> ; la lettera G, in sostituzione del segno ×, indica la presenza del conduttore di protezione per il collegamento a terra	<b>Niente:</b> rame <b>A:</b> alluminio (questa lettera precede la formazione) <b>U:</b> filo unico rotondo <b>S:</b> corda settoriale <b>R:</b> corda rigida rotonda <b>M:</b> corda semirigida rotonda <b>F:</b> corda flessibile rotonda <b>FF:</b> corda molto flessibile rotonda

<i>Tipo di Isolante</i>	<i>Schermo</i>
<b>C:</b> carta impregnata <b>G:</b> gomma comune (naturale e/o sintetica) <b>G7:</b> gomma etilenpropilenica (qualità G7) <b>G9:</b> elastomero reticolato qualità G9 <b>G10:</b> elastomero reticolato qualità G10 <b>R:</b> polivinilcloruro (PVC) di qualità comune <b>R2:</b> PVC di qualità R2 <b>M:</b> isolante minerale <b>E4:</b> polietilene reticolato di qualità E4	<b>H:</b> carta metallizzata <b>H1:</b> nastro di rame <b>H2:</b> treccia o calza di rame <b>AC:</b> conduttore concentrico di alluminio

<i>Forma e Struttura del Cavo</i>	<i>Guaine e Rivestimenti Protettivi</i>
<b>Niente:</b> cavo unipolare <b>D:</b> anime affiancate parallele <b>O:</b> anime riunite, cavo rotondo <b>X:</b> anime ad elica visibile <b>W:</b> anime parallele con solco intermedio <b>W1:</b> anime parallele con listello isolante intermedio	<b>G:</b> gomma <b>K:</b> policloroprene <b>R:</b> polivinilcloruro <b>E:</b> polietilene <b>T:</b> treccia tessile <b>A:</b> alluminio <b>L:</b> tubo in lega di piombo <b>P:</b> tubo in piombo <b>F, N, Z:</b> armatura in fili, nastri, piattine d'acciaio

#### *Grado di Isolamento, Tensioni Nominali*

È indicato preceduto dalla barretta /

Per i cavi con  $U_0 \leq 0,6$  kV vengono indicate le tensioni  $U_0/U$  precedute da un trattino

#### 6.4.2.1 Designazione dei cavi non armonizzati

**2x1,5 – FFR2W-0,45/0,75:** cavo bipolare (2) con conduttori di rame di sezione 1,5 mm<sup>2</sup>, corda molto flessibile (FF), isolato in PVC di qualità R2 (R2), senza schermo, anime parallele con solco intermedio (piattina) (W), senza guaina, tensioni nominali di isolamento 0,45/0,75 kV (0,45/0,75).

**3x70 – RG7H1OR/32:** cavo tripolare (3) con conduttori di rame di sezione 70 mm<sup>2</sup>, corda rigida (R), isolato in gomma etilenpropilenica di qualità G7 (G7), schermo in rame (H1), cavo di sezione rotonda (O), guaina in PVC (R), grado di isolamento 32 (32).

Altre caratteristiche dei cavi si rilevano da ulteriori segni convenzionali.

- **Colori delle anime:** per cavi multipolari con  $U_0/U \leq 0,6/1$  kV le Norme CEI raccomandano i colori:
- marrone e nero per le fasi;
  - blu chiaro per il conduttore neutro;
  - giallo-verde per il conduttore di protezione.

Per i cavi unipolari, la dicitura *altri colori* indica i seguenti dieci colori: nero, blu chiaro (neutro), marrone, grigio, arancione, rosa, rosso, turchese, violetto, bianco.

La tabella seguente riporta i colori distintivi delle anime.

<b>Colori Distintivi delle Anime dei Cavi</b> (Norma CEI – UNEL 00722)			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Numero delle Anime del Cavo</b>		<b>Colori Distintivi delle Anime</b>	
<b>Totale</b>	<b>Progressivo</b>	<b>Cavi con Conduttore di Protezione</b>	<b>Cavi Senza Conduttore di Protezione</b>
<b>1</b>	---	giallo/verde	altri colori
<b>2</b>	I II	---	blu chiaro marrone o nero <sup>(1)</sup>
<b>3</b>	I II III	giallo/verde marrone o nero <sup>(1)</sup> blu chiaro	blu chiaro marrone nero
<b>4</b>	I II III IV	giallo/verde nero blu chiaro marrone	blu chiaro marrone nero nero
<b>5</b>	I II III IV V	giallo/verde nero blu chiaro marrone nero	blu chiaro marrone nero nero nero
<b>n&gt;5</b>	I II e rimanenti	giallo/verde nero con numerazione progressiva oppure (invariante) blu chiaro o nero	--- o blu chiaro nero con numerazione progressiva oppure (invariante) marrone o nero
<b>Nota (1)</b> il colore <i>marrone</i> è riservato ai <b>cavi flessibili</b> ; il colore <i>nero</i> è riservato ai <b>cavi per posa fissa</b> con conduttori rigidi e flessibili			

- **Contrassegno IMQ:** è indicato dall'etichetta IMQ o da un filo di cotone incorporato sotto l'isolante e riportante, in alfabeto Morse, la sigla IMQ.
- **Conformità alle Norme armonizzate:** può essere comprovata da un filo tessile con la successione ripetuta dei colori nero-rosso-giallo o dalla sigla HAR preceduta dalla sigla nazionale, per esempio:
  - IMMEQU ◊HAR◊ (Italia);
  - VDE ◊HAR◊ (Germania).

### 6.5 Tipi di posa

<b>Tipi di Posa Previsti dalla Norma CEI 64/8-5</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Posa senza fissaggi</b>	I conduttori non hanno sistemi di fissaggio e vengono posati utilizzando cavità di strutture, cunicoli o interrando direttamente i cavi
<b>Posa con fissaggio diretto su parete</b>	Il cavo è fissato direttamente sulla parete mediante graffette o altro, senza l'interposizione di tubi, canalette o altri sistemi di protezione meccanica
<b>Posa entro tubi protettivi (di forma circolare)</b>	Vengono utilizzate tubazioni metalliche o in materiale plastico. I tubi, a loro volta, possono essere esterni, annegati nella muratura, interrati
<b>Posa entro canali (anche incassati nel pavimento)</b>	Si usano canaline metalliche o in materiale plastico, fissate generalmente a parete o a soffitto. In alcuni casi le canaline possono essere fissate nel controsoffitto o incassate nei pavimenti
<b>Posa entro tubi protettivi (di forma non circolare)</b>	Queste tubazioni, normalmente di sezione rettangolare, possono essere esterne, poste entro cunicoli, annegate nella muratura
<b>Posa su passerelle e su mensole</b>	Si usano generalmente passerelle metalliche esterne, sulle quali vengono posati cavi con guaina, unipolari o multipolari
<b>Posa su isolatori</b>	Viene normalmente utilizzata per conduttori nudi, fissati a isolatori che hanno il compito di distanziare i conduttori e isolarli verso massa
<b>Cavo sospeso (con filo o corda di supporto)</b>	Il cavo, del tipo con guaina, viene fissato a un filo o a una corda portante che ne assicura l'ancoraggio

**Scelta dei Conduttori e dei Cavi in Funzione del Tipo di Posa**  
(Tab. 52A Norma CEI 64-8/5)

Conduttori e cavi		Tipo di posa							
		Senza fissaggi	Fissaggio diretto a parete	Entro tubi protettivi (di forma circolare)	Entro canali (anche incassati nel pavimento)	Entro tubi protettivi (di forma non circolare)	Su passerelle e su mensole	Su isolatori	Cavo sospeso (con filo o corda di supporto)
<b>Conduttori nudi</b>		-	-	-	-	-	-	+	-
<b>Cavi senza guaina</b>		-	-	+	+	+	-	+	-
<b>Cavi con guaina, cavi con armatura e cavi con isolamento minerale</b>	<b>Multipolari</b>	+	+	+	+	+	+	<b>0</b>	+
	<b>Unipolari</b>	<b>0</b>	+	+	+	+	+	<b>0</b>	+

Legenda

- Non permesso
- + Permesso
- 0 Non applicabile o non usato in genere nella pratica

**6.6 Portata di un cavo**

La **portata di un cavo** è la massima intensità di corrente che può percorrere ogni conduttore, in determinate condizioni di posa e di esercizio ed in regime permanente, senza che la temperatura superi quella ammissibile dall'isolante.

I fattori che influenzano la portata sono:

- *Sezione del conduttore*: la portata aumenta, non in modo lineare, con la sezione.
- *Tipo di isolante*: utilizzando un materiale isolante più resistente al calore, aumenta la temperatura ammissibile a regime permanente e, di conseguenza, cresce la portata a parità di altre condizioni.
- *Condizioni di posa e temperatura ambiente*: all'aumentare della temperatura dell'ambiente, diminuisce il salto termico e, di conseguenza, la portata. Le condizioni di posa influenzano, oltre che la temperatura ambiente, anche il valore della resistenza termica che, aumentando, fa diminuire la portata.
- *Tipo di materiale conduttore*: influisce sulla resistività del conduttore, aumentando la resistività la portata diminuisce.
- *Numero di conduttori del cavo o cavi raggruppati*: all'aumentare del numero dei conduttori percorsi da corrente e facenti parte dello stesso cavo, o del numero di cavi posti vicini tra loro (per esempio nello stesso tubo protettivo), occorre diminuire la portata a causa del cosiddetto **effetto di prossimità** che si verifica poiché ogni cavo si scalda sia per il passaggio della propria corrente, sia per il calore trasmesso dai cavi vicini. Se non si riducesse la portata del cavo, la temperatura aumenterebbe e potrebbe giungere ad un valore superiore di quello di servizio del cavo stesso.