

## Studio comparativo Cavo - Condotti Sbarre

### Considerazioni preliminari

Per eseguire una comparazione prezzi fra due tipologie di prodotti così differenti come il cavo tradizionale ed i condotti sbarre si devono fare alcune ipotesi preliminari e per quantificare il confronto bisogna appoggiarsi a dei casi reali soprattutto per quanto riguarda la determinazione del costo della posa in opera.

Il prezzo dei cavi, come tutti sanno, è funzione della oscillazione del prezzo delle materie prime.

In questo confronto si è fissato indicativamente il prezzo del rame a 4700 lire il chilogrammo.

I condotti sbarre sono stati invece quotati come se si trattasse di una offerta ad un cliente finale di media importanza per la realizzazione di un impianto di media importanza.

I prezzi di installazione dei condotti sbarre, dei cavi e delle canalette portacavi sono il risultato della media dei prezzi forniti da diverse grandi imprese che si occupano di installazioni elettriche.

### Condotti Sbarre

Il condotto sbarre è definito dalle Norme CEI EN 60439-2 come una “apparecchiatura costruita in serie (AS apparecchiatura serie o TTA type tested assembly) costituita da un sistema di conduttori comprendenti una o più sbarre distanziate e sostenute da materiali isolanti e contenute in un condotto o in un analogo involucro”.

I condotti sbarre Zucchini sono apparecchiature di serie (AS) testate mediante prove di tipo e conformi perciò alle relative Norme o Standard di prodotto IEC 439/1, IEC 439/2 e le corrispondenti Norme italiane armonizzate CEI EN 60439-1 e CEI EN 60439-2.

Nel presente esempio, fra la vasta gamma di condotti sbarre Zucchini, si è scelta la serie Sbarre Ventilate Blindate (SVB) per quei locali dove non è richiesto un elevato valore della corrente di corto circuito e dove non ci sono eccessivi problemi di ingombro, mentre si è proposta la linea Super Compact (SC) dove sono richiesti elevati valori delle correnti di corto circuito, notevole compattezza ed elevato grado di protezione (IP55).

### Cavi elettrici

Il dimensionamento dei cavi elettrici necessita particolare cura. I cavi devono essere costruiti secondo le norme di prodotto CEI 20-14, CEI 20-22/2, CEI 20-37.

La portata dei cavi è notevolmente influenzata dal tipo di posa in quanto questa ne può modificare sostanzialmente l'efficacia dello smaltimento di calore ed inoltre la reattanza dei cavi stessi dipende dalla loro posizione reciproca.

I fattori di utilizzazione per i diversi tipi di posa ed in particolare per il Ns. esempio la posa ravvicinata dei cavi sono stati presi dalla Tabella C della Norma CEI 64-8 parte 5 edizione Quarta.

Nel presente confronto è stata considerata solo la posa di cavi su canalette perforate le quali assicurano un'elevata ventilazione e di conseguenza un buon smaltimento del calore.

Si fa notare che le Norme 64-8 considerano i cavi “posati in aria” se le passerelle che li sostengono presentano almeno il 30% della loro superficie forata: sul mercato non esistono passerelle che soddisfano queste condizioni ad eccezione delle passerelle a filo.

I cavi utilizzati nel confronto attuale sono isolati in PVC; il rame in esso contenuti può raggiungere perciò una massima temperatura di 70 °C.

Per ragioni economiche, di facile reperibilità del materiale e problematiche di montaggio si è deciso di non utilizzare cavi multipolari di sezione superiore a 185 mm<sup>2</sup> o cavi unipolari di sezione maggiore di 240 mm<sup>2</sup>.

## Confronto costi alimentazione di una azienda metalmeccanica di media grandezza Collegamento Trasformatore – Quadro generale di bassa tensione (Power Center)

Il costo del collegamento trasformatore power-center dipende sostanzialmente da due fattori predominanti:

1. la potenza nominale del trasformatore;
2. la topografia del collegamento;

Per fare una stima attendibile dei costi per il collegamento suddetto bisogna ipotizzare dei percorsi reali.

Supponiamo di esaminare due situazioni tipo:

1. Nel primo esempio abbiamo un collegamento fra un trasformatore e un quadro di b.t. ed il percorso che li collega è breve e rettilineo (vedi Figura 1).

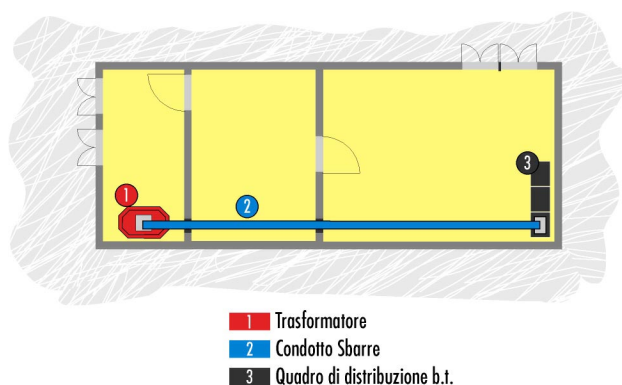


Figura 1: Collegamento rettilineo fra trasformatore e quadro di b.t. 1) locale accumulatori; 2) Quadro di distribuzione b.t.; 3) Quadro di distribuzione M.T.; 4) Trasformatore; 5) Condotto Sbarre.

Il dimensionamento dell'impianto elettrico inizia dal calcolo delle potenze necessarie al funzionamento dell'azienda in questione. Per la determinazione della potenza installata si deve tenere in considerazione i coefficienti di contemporaneità dei carichi, i coefficienti di utilizzo, il costo medio dei carichi ed un conveniente coefficiente di maggiorazione che tenga conto degli eventuali ampliamenti dell'impianto. Definita la potenza installata si può scegliere la taglia del trasformatore adatto ad alimentare l'azienda.

Scelta la taglia del trasformatore e supponendo che il tratto di collegamento fra il trasformatore ed il quadro b.t. sia breve e rettilineo si può dimostrare che i costi del collegamento stesso sono funzione della sola potenza del trasformatore.

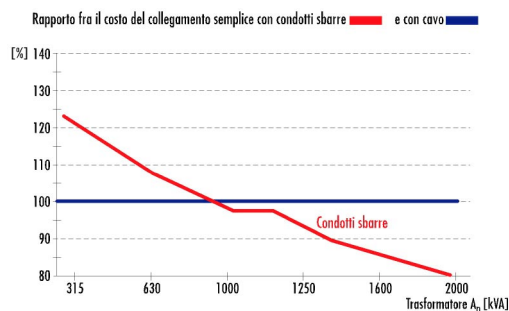


Figura 2: rapporto fra il costo del collegamento con condotti sbarre e con cavo.

Nel grafico di Figura 2 è riportato il rapporto fra il costo del collegamento con condotti sbarre e la soluzione tradizionale, ma spesso obsoleta, con cavo elettrico.

Per ogni taglia del trasformatore, fissato a 100 il costo di un collegamento in cavo, si vede come la convenienza ad eseguire il collegamento in cavo diminuisce man mano che la taglia del trasformatore richiesto aumenta e si raggiunge la parità dei costi (materiale + costo d'installazione) per un trasformatore da 1000 kVA.

2. Nel secondo esempio si suppone che, per ragioni di affidabilità e di flessibilità dell'impianto, si sia scelto di installare nell'azienda tre trasformatori e che il collegamento fra i trasformatori ed i quadri di b.t. non sia rettilineo, ma presenti almeno due angoli orizzontali.

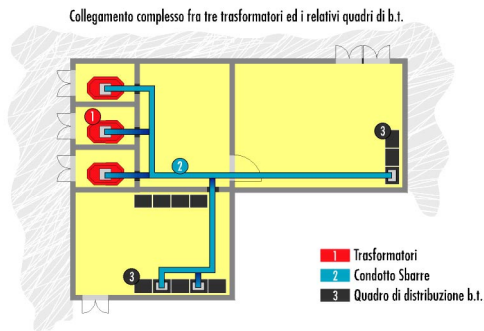


Figura 3: Collegamento complesso fra tre trasformatori ed i relativi quadri di b.t. 1) trasformatori; 2) condotto sbarre; 3) Quadro di distribuzione b.t.

In questo secondo esempio la caratteristica che descrive il rapporto fra i costi di un collegamento con condotti sbarre ed un collegamento con cavo ha un andamento simile alla precedente, ma la parità economica si raggiunge per trasformatori di taglia inferiore (vedi Figura 5).

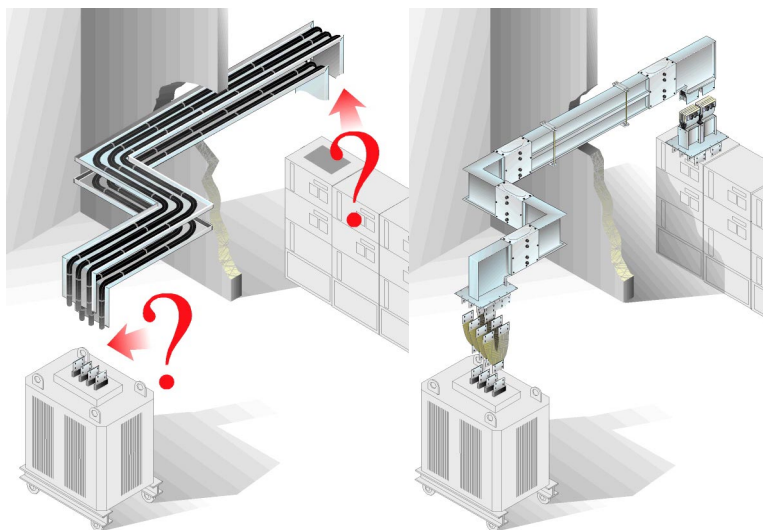


Figura 4: Collegamento trasformatore power-center. Sono evidenziati i problemi di collegamento fra un fascio di cavi ed i codoli del trasformatore e dell'interruttore di quadro.

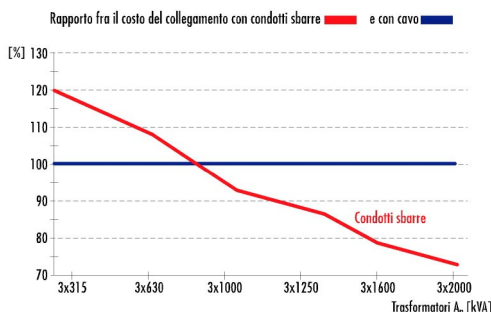


Figura 5: rapporto fra il costo del collegamento complesso trasformatore-powercenter con condotti sbarre e con cavo.

### Progetto di un impianto elettrico in un edificio commerciale di 15 piani.

Supponiamo di dover eseguire il progetto dell'impianto elettrico di un edificio di 15 piani adibito ad uso uffici.

Su ogni piano dell'edificio devo alimentare delle utenze che hanno un potenza equivalente di 45kW. I diversi piani dell'edificio sono alimentati da un unico cavedio. In corrispondenza di ogni piano si deve prevedere un quadretto equipaggiato con un sezionatore di manovra e portafusibili (in alternativa si può prevedere un interruttore automatico magnetotermico) adatto a proteggere e sezionare l'intero impianto di piano. Nel Ns. esempio il quadro generale di b.t. che alimenta i diversi piani tramite il cavedio non si trova nelle immediate vicinanze dello stesso, ma a circa 30 metri di distanza dalla base del cavedio.

Si possono così sviluppare tre varianti di impianto:

1. Eseguire l'intero sistema in condotti sbarre, cioè fare il collegamento quadro-cavedio e l'intero montante di 15 piani con un sistema prefabbricato in condotti blindate.
2. In alternativa si può effettuare il collegamento fra il quadro generale di b.t. e la cassetta di alimentazione del montante in condotto sbarre con un fascio di cavi elettrici di adeguata sezione ed eseguire solo il montante con il sistema in condotti sbarre.
3. Infine è possibile eseguire l'intero percorso con i cavi elettrici. Questa soluzione implica che dal quadro generale di distribuzione dovranno partire tanti fasci di cavi quanti sono i piani dell'edificio e tale fascio di cavi deve percorrere in verticale il cavedio fermandosi ognuno al proprio piano, diminuendo così l'ingombro che essi occupano man mano che si sale ai diversi piani.

Esaminiamo pregi e difetti delle tre diverse soluzioni.

#### 1. Esecuzione con condotti sbarre

Dall'esame delle potenze di piano si può determinare che la portata del condotto sbarre dovrà essere di 1000 A. Il condotto sbarre è protetto, alla partenza dal quadro generale di b.t., da un interruttore automatico magnetotermico. Il condotto sbarre attraversa, nel suo cammino verso il cavedio (circa 30 m), i locali caldaie e di condizionamento per giungere ai piedi del cavedio e quindi proseguire in senso verticale fino all'ultimo piano dell'edificio (vedi Figura 6).

In corrispondenza di ogni piano è posta una cassetta di derivazione adatta ad alimentare le utenze di piano. Lungo il cavedio si possono collocare dei setti spegnifiamma in corrispondenza dei diversi piani che impediscono la propagazione del fuoco, fumo e calore dovuti ad un eventuale incendio innescato nei piani inferiori.

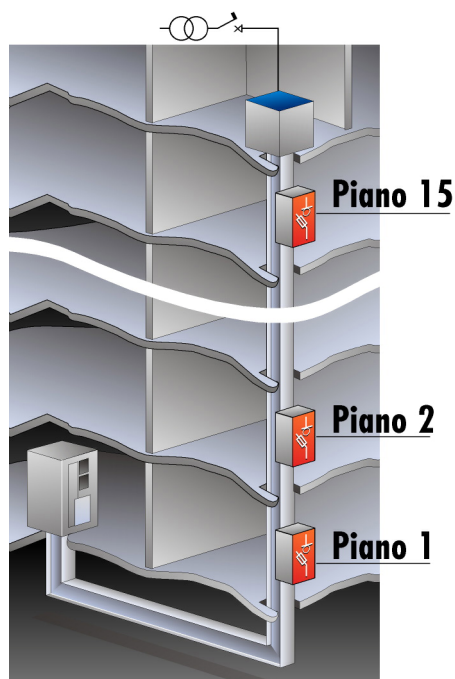


Figura 6: collegamento quadro-trafo con condotti sbarre da 1000 A alimentati da entrambi gli estremi

## 2. Esecuzione ibrida cavo-condotti sbarre.

La Figura 7 mostra l'esecuzione ibrida dell'impianto per fornire energia ai diversi piani dell'edificio. Per alimentare il montante in condotto sbarre da 1000 A con un collegamento in cavo sono necessari 4 cavi multipolari in parallelo da  $3 \times 185/95 \text{ mm}^2$ . Questo fascio di cavi si collega con il condotto sbarre attraverso la cassetta di alimentazione di testata dello stesso. I cavi, per alimentare il montante, devono anch'essi attraversare i locali di riscaldamento, condizionamento e ventilazione, perciò si dovranno prendere particolari accorgimenti onde evitare, che in caso di incendio, i fumi tossici, corrosivi ed opachi vengano diffusi nell'edificio dall'impianto di condizionamento. In alternativa, si dovranno utilizzare cavi a bassa emissione di fumi ed agenti tossici.

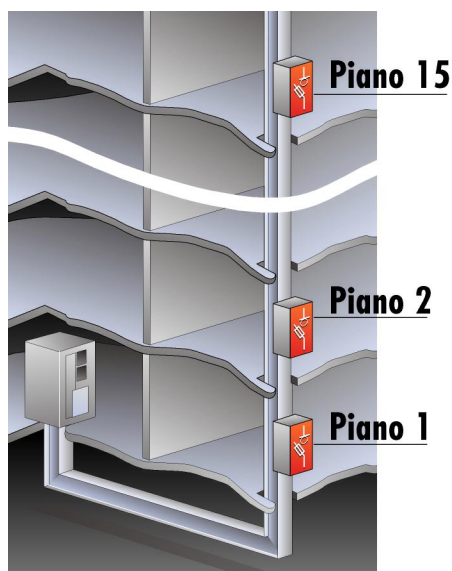


Figura 7: collegamento ibrido cavo e condotti sbarre

## 3. Esecuzione in cavo

La Figura 8 mostra l'alimentazione dei vari piani dell'edificio con un fascio di cavi che partono dal quadro di distribuzione e giungono ognuno al proprio sottoquadro posto su ogni piano. I cavi utilizzati sono multipolari di sezione  $3 \times 50/25 \text{ mm}^2$ . Nel quadro generale di partenza si dovranno prevedere tanti interruttori automatici quante sono le partenze (15) o in alternativa si possono proteggere i singoli cavi con fusibili.

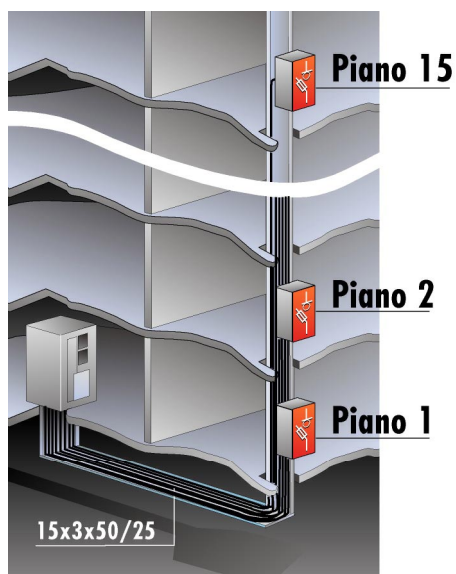


Figura 8: collegamento quadro - sottoquadro di piano con cavi  $3 \times 50/25 \text{ mm}^2$

### ***Flessibilità delle diverse tipologie d'impianto***

I progettisti, generalmente per il calcolo delle potenze di dimensionamento, tengono in considerazione un conveniente coefficiente di maggiorazione per i futuri ampliamenti dell'edificio. Con i cavi sarà perciò necessario sovradimensionare fin dal progetto tutti i cavi dell'impianto. Tale coefficiente, per ovvie ragioni economiche, terrà conto solo di un modesto probabile aumento della potenza dei carichi. Se la potenza cresce eccessivamente anche il trasformatore che alimenta l'edificio dovrà essere sostituito o accoppiato con un altro trasformatore.

Nell'esecuzione in condotti sbarre gli ampliamenti postumi non presentano molti problemi tecnici.

Se si suppone che nell'edificio la potenza assorbita da ogni piano aumenti di circa il 10%, la potenza del trasformatore principale non è più sufficiente a soddisfare la richiesta, quindi in tale caso, la soluzione tecnico-economica più adatta richiede l'installazione di un ulteriore trasformatore che alimenti a questi carichi. Il nuovo trasformatore dovrà solo essere collegato al condotto sbarre dalla testa del montante (ultimo piano). In questo caso perciò sarà necessario solamente far passare un cavo nel cavedio che vada ad alimentare il condotto sbarre dal lato opposto avendo così di fatto risolto il problema in modo facile ed economico.

Considerando invece un caso più comune dove la potenza totale richiesta dall'edificio rimanga costante, ma vari la ripartizione fra i piani: nella soluzione con cavo dovrà verificare se i vari cavi installati che alimentano i diversi piani dell'edificio possono portare la nuova potenza ed eventualmente aggiungere un altro cavo in parallelo qualora la potenza ecceda la sopportabilità del cavo. Con l'esecuzione in condotti sbarre, grazie alla grande flessibilità del sistema, non si dovrà fare alcuna operazione, nel peggiore dei casi si dovrà solamente cambiare il dispositivo di protezione del cavo che va dalla cassetta di derivazione al sottoquadro di piano (pochi metri di conduttore).

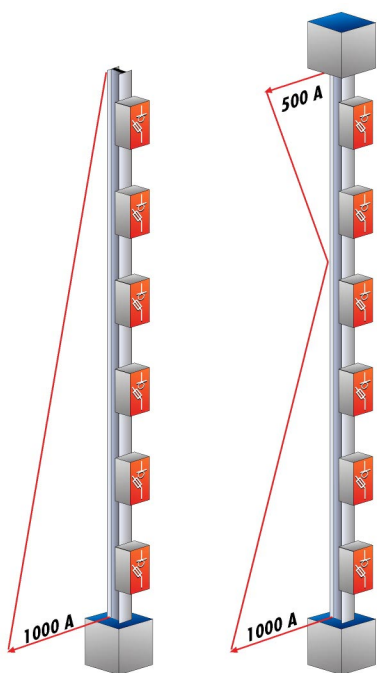


Figura 9: Distribuzione dei carichi nel montante in condotti sbarre nel caso di alimentazione da un estremo o da due estremi.

### ***Risultato della comparazione dei costi di realizzazione di un impianto***

Dopo aver considerato tutti i fattori elencati sopra e ponendo come riferimento **100** il costo di un impianto realizzato interamente in condotto sbarre, il costo per la realizzazione ibrida cavo-sbarre blindate è pari a **125**, mentre se l'impianto è realizzato interamente in cavo il costo globale diventa **108**.

### Confronto tecnico cavi Vs. condotti sbarre

Oltre alle ragioni prettamente economiche che fanno scegliere sempre più spesso la soluzione prefabbricata a quella da cablare, ci sono dei motivi tecnici che portano ulteriormente vantaggio ai condotti sbarre.

La corrente nominale che un cavo può portare si riferisce alla temperatura media giornaliera di +30°C mentre i condotti sbarre sono dimensionati (secondo le Norme CEI 60439/2) per lavorare alla temperatura media ambiente di +35 °C con punte di 40 °C.

La Zucchini S.p.A., storicamente, ha fatto una scelta molto impegnativa e non sempre colta per la sua fondamentale importanza nel dimensionamento degli impianti elettrici. I condotti sbarre Zucchini sono infatti dimensionati, testati e ne viene assicurato il loro buon funzionamento per temperature medie giornaliere di 40 °C con punte di 45 °C, questo si traduce in un fattore di vantaggio del 5% sulla concorrenza e del 10% sul cavo.

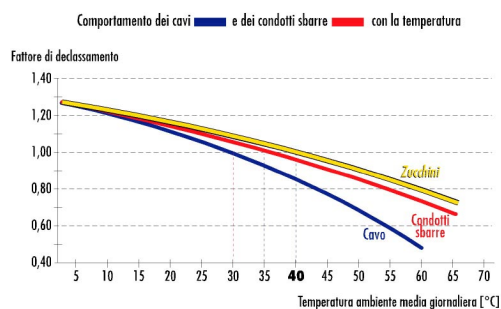


Figura 10: Confronto fra il comportamento dei cavi e dei condotti sbarre con la temperatura.

Un altro vantaggio è dovuto al fatto che i cavi, generalmente, sono installati a fasci e di sezione tale che non possono essere curvati con raggi molto ridotti; i condotti sbarre invece hanno struttura molto compatta e con essi si possono fare comunemente angoli di 90° (vedi Figura 11).

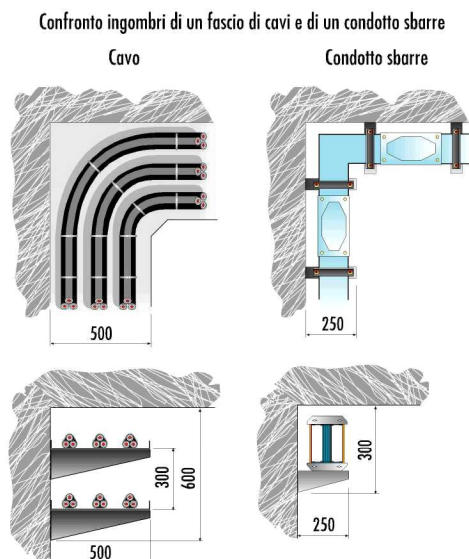


Figura 11: confronto fra gli ingombri un fascio di cavi e con un condotto sbarre.

Il carico d'incendio è l'energia sviluppata dalla combustione completa dei materiali infiammabili contenuti all'interno di un locale. L'utilizzo di condotti sbarre ha un bassissimo carico d'incendio e perciò è l'ideale in quei locali dove questo fattore è di notevole importanza. Il grafico in Figura 12 evidenzia come all'aumentare della corrente che si deve trasportare, il carico d'incendio dei cavi aumenta con legge prossima all'esponenziale. Nei condotti sbarre di elevata portata il peso del materiale plastico utilizzato è addirittura 1/10 rispetto a quello che troviamo nei cavi di pari portata.

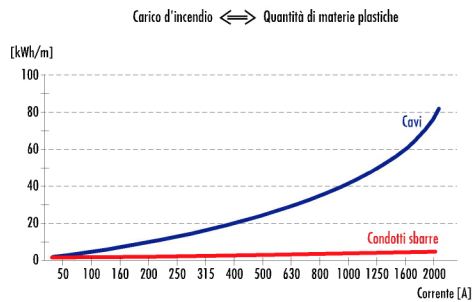


Figura 12: Caratteristica carico d'incendio al variare della corrente nominale  $I_b$  per un condotto sbarre e per un fascio di cavi di portata equivalente.

Un altro problema che i progettisti devono tenere in considerazione è che per fare un collegamento di elevata potenza si devono mettere in parallelo parecchi cavi. Per assicurare che la corrente si ripartisca equamente fra i cavi devono essere soddisfatte tre condizioni: tutti i cavi devono essere dello stesso tipo, i cavi devono avere la medesima lunghezza e uguale tipo di posa. Nel caso che una di queste condizioni non sia verificata i cavi non possono essere considerati uguali e pertanto protetti da un unico dispositivo di protezione, ma si deve prevedere di proteggere singolarmente ogni cavo ad esempio tramite fusibili. Inoltre, nella posa di un fascio di cavi bisogna eseguire un ancoraggio sufficientemente robusto da poter reggere agli sforzi elettrodinamici che si sviluppano in caso di corto circuito.

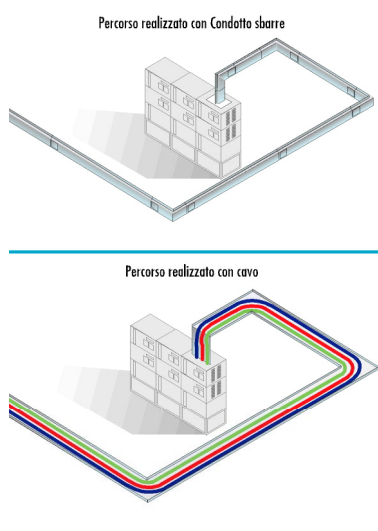


Figura 13: Quando ci sono più curve nello stesso verso la lunghezza dei cavi posti all'esterno è notevolmente diversa, quindi l'installatore deve ripristinare l'uguaglianza delle lunghezze prima di collegarsi al quadro di sottodistribuzione.

Infine per la progettazione dei montanti in cavo si deve dimensionare singolarmente ogni cavo (15 volte nel nostro esempio) assegnandogli la protezione adeguata per i sovraccarichi ed i cortocircuiti, calcolando per ognuno la caduta di tensione e verificando le condizioni di guasto verso terra. Nel dimensionamento di montanti in condotto sbarre invece il progettista deve eseguire i calcoli solamente sull'unico montante riducendo i tempi ed i costi del progetto. I condotti sbarre sono poi la soluzione ideale per il collegamento fra il trasformatore ed il quadro generale. In questi tipi di connessione il fattore decisivo è la corrente di corto circuito supportabile dal condotto. I condotti sbarre Zucchini della serie SC supportano correnti di corto ( $I_{cw}$ ) fino a 176kA per 1s e di 387 kA di picco senza danneggiarsi. Grazie alla struttura compatta ed al fatto che i conduttori sono assemblati a sandwich le correnti di corto circuito nel Super Compact sono egregiamente sopportate sia meccanicamente che termicamente senza riportare alcun danno.

A differenza del collegamento in cavo spesso per il breve collegamento fra il trasformatore ed il quadro generale di b.t. (power center) non è necessario installare una protezione aggiuntiva: l'interruttore di media tensione posto sul primario del trasformatore funge anche da protezione per i corto circuiti ed i sovraccarichi lato b.t. e perciò spesso è adatto a proteggere il breve collegamento fra trasformatore e power center.

Nella posa dei cavi di grosse dimensioni, il peso di questi diventa spesso un problema ed un pericolo: per tirarli all'interno delle passerelle e fissarli in modo tale che sopportino le sollecitazioni dinamiche dei cortocircuiti sono necessari dai 4 agli 8 operai. In particolare nelle installazioni in verticale (dove c'è un cavedio) si deve utilizzare un argano per tirare i cavi fino al piano interessato.

In queste condizioni tutto il peso del cavo va a gravare sullo stesso e l'isolante che lo protegge può subire danneggiamenti quali screpolature, tagli e microfessure non visibili ad occhio nudo, ma che possono evidenziarsi successivamente durante la messa in tensione dell'impianto compromettendo l'affidabilità dello stesso. L'installazione di montanti in condotti sbarre invece non necessita di più di due operai e la modularità e la rigidità di questi prodotti permette di lavorare in spazi angusti senza particolari problemi. Un ulteriore vantaggio dei condotti sbarre rispetto ai cavi sta nella enorme flessibilità di esercizio. Definita ad esempio la potenza richiesta dai vari sottoquadro di piano, in un impianto in cavo non è possibile ridistribuire i carichi mantenendo invariata la somma della potenza installata, mentre l'utilizzo dei condotti sbarre equivale ad avere un quadro elettrico che si estende lungo tutta l'azienda, perciò non ci sono problemi a modificare la collocazione dei vari carichi.

### **Conclusioni**

L'utilizzo dei condotti sbarre, grazie alla loro grande versatilità e compattezza, apre nuove prospettive per la progettazione ed installazione di impianti elettrici industriali, commerciali e del terziario. Nei locali dove il rischio di incendio è elevato si hanno grossi vantaggi economici e tecnici grazie alla loro elevata resistenza al calore e soprattutto al bassissimo carico d'incendio che essi introducono rispetto a cavi di portata equivalente.

Tutte le caratteristiche poc'anzi descritte sono da tenere in considerazione quando si progetta un impianto reale.

Dato l'enorme divario tecnico e la notevole differenza dei costi di installazione, un mero confronto del costo al metro dei cavi rispetto ai condotti sbarre non ha alcun significato né tecnico né tantomeno economico.

Infine è opportuno far notare che un'installazione fatta con condotti sbarre ha un valore intrinseco che non si svaluta: può comodamente essere smontata ed all'esigenza rimontata in un nuovo edificio o si può recuperare una parte dell'investimento alla fine della vita tecnica dell'impianto in quanto il condotto sbarre è composto essenzialmente da metalli (rame ed acciaio) che mantengono stabile il loro valore nel tempo.

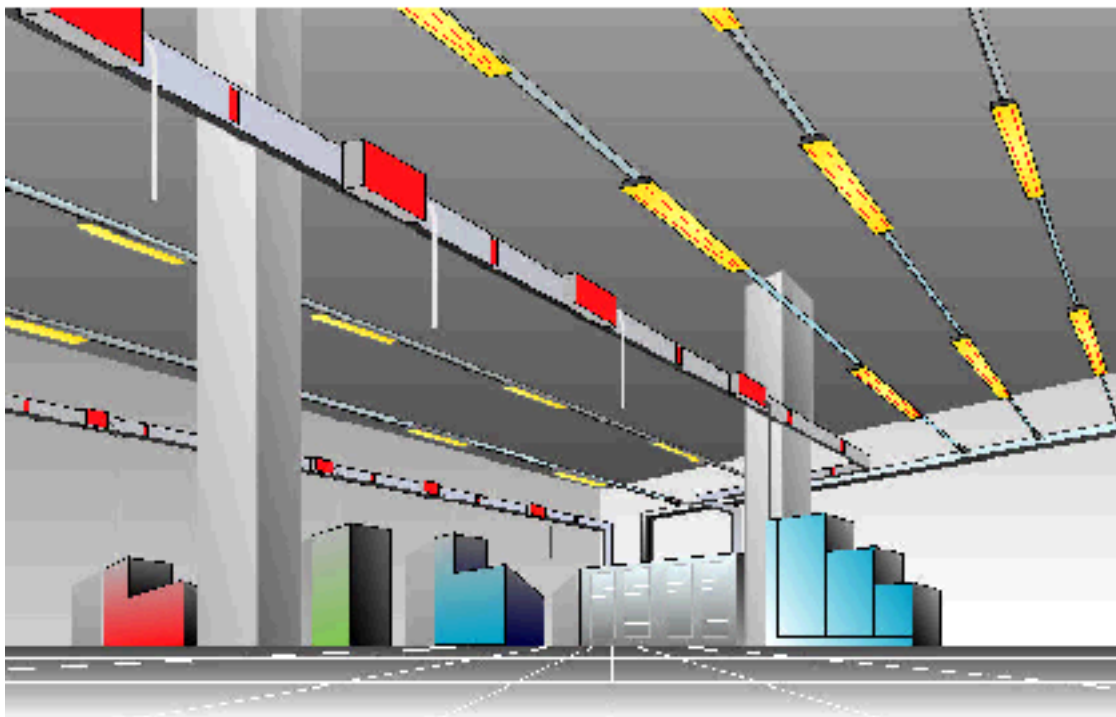


Figura 14: Esempio di azienda con impianto forza motrice e luce interamente costruito in condotti sbarre.