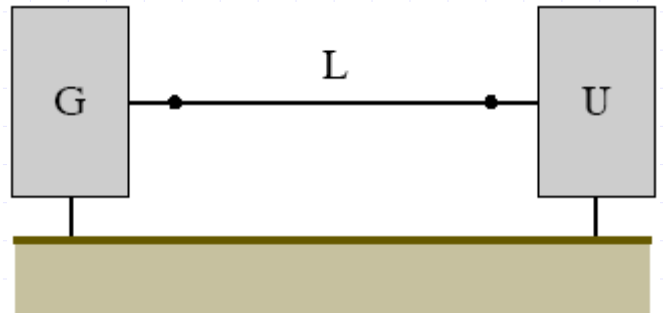


# SISTEMI ELETTRICI IN BT

Gli impianti elettrici in bassa tensione si possono classificare rispetto a due caratteristiche: il **numero di conduttori attivi** cioè il numero dei conduttori in cui passa la corrente.

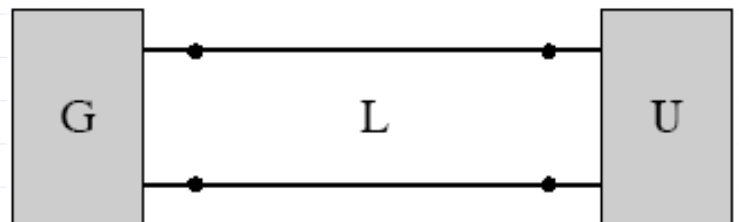
Nel primo caso abbiamo un solo conduttore attivo e il ritorno, che deve essere sempre presente perché deve garantire il circolo della corrente (la divergenza di  $J$  deve essere uguale a zero);



il ritorno avviene attraverso il

terreno in una linea unipolare, questo tipo di impianti lo abbiamo per esempio in corrente continua. Non si parla di distribuzione in bassa tensione in realtà ma in alta, per esempio è il principio di funzionamento del SaPei quando funziona tramite un solo polo. A Latina e Codrongianos (in Sardegna) ci sono due elettrodi che entrano nel terreno e la corrente ritorna tramite l'acqua marina e il fondale.

Qui abbiamo un classico sistema di distribuzione in bt, distribuzione **monofase composto da fase e neutro**.

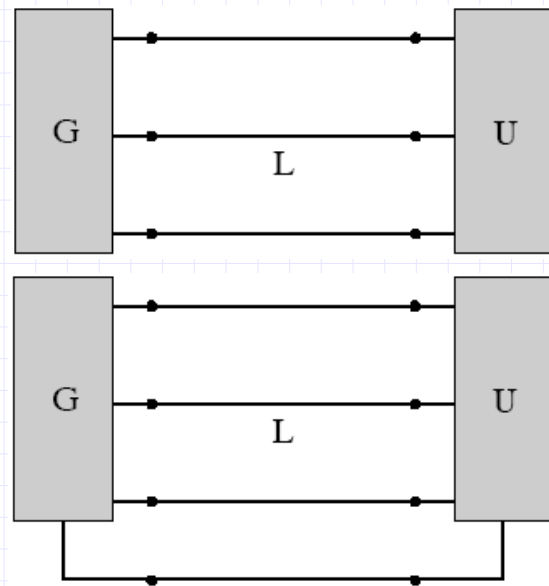


Esistono zone di Italia e Roma in cui l'alimentazione è fase fase in cui tutti e due i poli sono conduttori attivi. Ciò è dovuto al fatto che nell'adeguamento secondo norma (anni fa) da 125V a 220V(oggi 230V) non tutti i trasformatori sono stati cambiati a causa della loro longevità (50 anni in media), man mano che le macchine subivano guasti venivano sostituite con la controparte 220V fase-neutro. Si è ovviato quindi a questo mancato adattamento alimentando le utenze fase-fase, quindi un trasformatore 125V fase-fase è equivalente ad uno 230V fase-neutro ( $125 \cdot \sqrt{3}$ ). Ecco perché in diverse zone è ancora presente un sistema fase-fase, anche se è sempre più raro.

Poi abbiamo sistemi a 3 4 o 5 conduttori.

Tre conduttori è il sistema trifase puro che in bassa tensione lo abbiamo per esempio in alcuni circuiti di distribuzione tra quadri.

Essendo in bassa tensione la linea di fase sarà supportata anche dal conduttore di neutro quindi avremmo quattro conduttori.



Sistema trifase a 3 (3F) e a 4 (3F+N) conduttori [5 (3F+N+PE)]

Inoltre per ragioni di sicurezza si usa distribuire il potenziale di terra, ecco il quinto conduttore.

Solitamente il conduttore di neutro non è considerato un conduttore attivo perché non in tensione, ma non è detto, in quanto spesso anche nei sistemi trifase in presenza di carichi squilibrati (quasi totalità dei casi) il conduttore di neutro può essere interessato da correnti importanti ed andare quindi in tensione.

La seconda classificazione è quella che tiene in considerazione il collegamento del neutro rispetto alla terra. Ovvero lo stato del neutro delle reti di bassa tensione.

A seconda del livello di tensione varia lo stato del neutro in funzione delle caratteristiche reti e variando anche le protezioni che vengono adottate.

La classificazione avviene a mezzo di due lettere: la prima può essere una T o una I:

- La T indica che il neutro in cabina secondaria, ovvero il centro stella del trasformatore, sono collegati all'impianto di terra della cabina secondaria. (inserire foto trasf)
- La I invece indica che il neutro è isolato da terra oppure è collegato all'impianto di terra con un valore dell'impedenza molto alta tale da non consentire il passaggio di correnti significativa .

La seconda lettera sta ad indicare la modalità con cui le masse di utenza sono connesse all'impianto di terra:

- La T indica che le masse dell'impianto dell'utente sono connesse all'impianto di terra dell'utente
- La N indica che le masse sono collegate al neutro.

Questa classificazione si fa perché l'esercizio e la protezione degli impianti in relazione alla modalità del collegamento del neutro in cabina e delle masse di utenze varia.

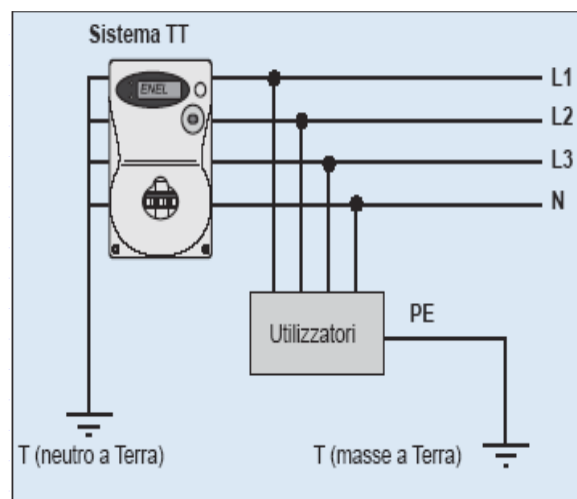
Le configurazioni con cui viene distribuita la corrente in bassa tensione sono fondamentalmente tre: TT, IT, TN.

## IMPIANTO TT

Il neutro della cabina secondaria e le masse dell'utente sono connessi al relativo e rispettivo impianto di terra. I due impianti di messa a terra sono separati: uno ricade sotto la responsabilità della società elettrofornitrice e uno ricade sotto la responsabilità dell'utente.

(quello delle masse)

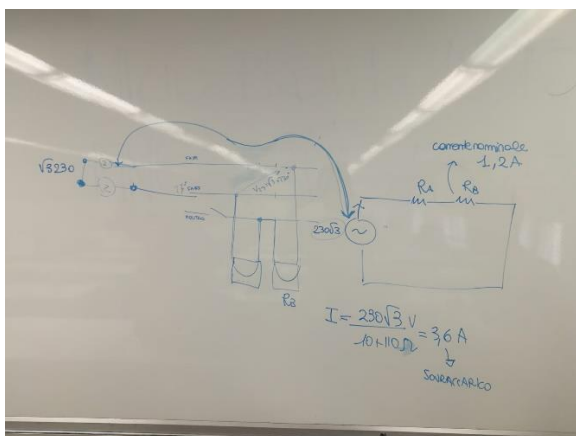
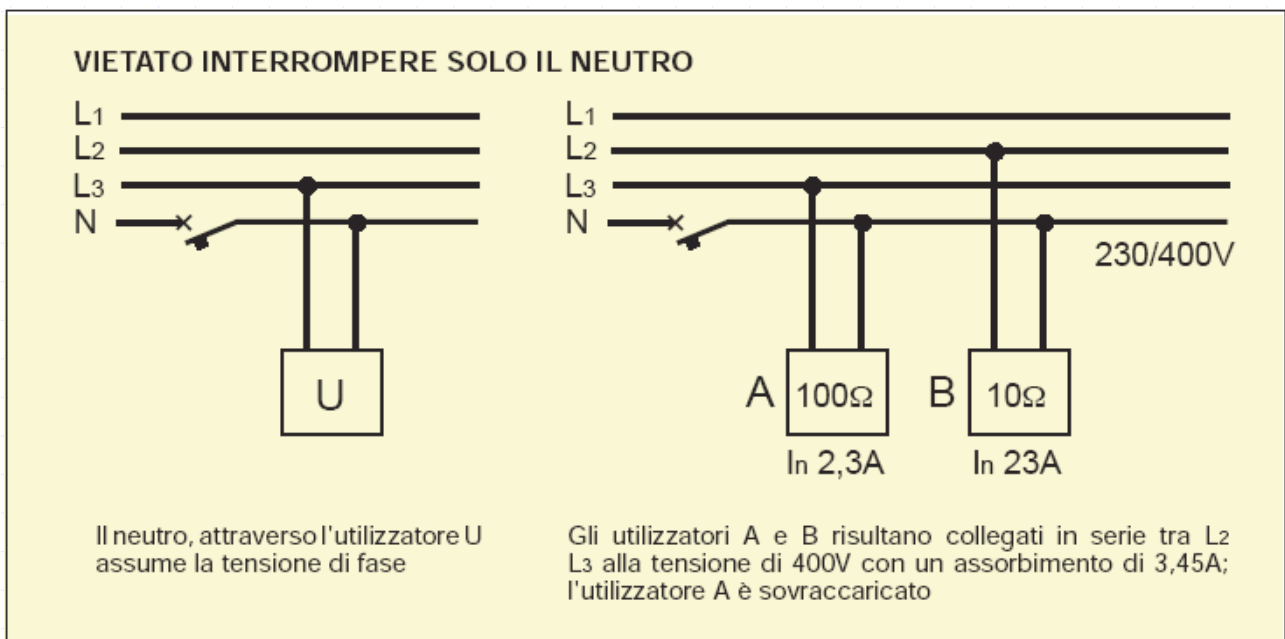
A monte del contatore di energia c'è la cabina della società elettrofornitrice che può essere nello stesso stabile o no a seconda della dislocazione, all'interno della cabina c'è



l'impianto di terra e a questo viene collegato il neutro del trasformatore.

A valle del contatore di energia che è il punto di demarcazione della responsabilità, avrò delle masse che dovrò collegare all'impianto di terra di utente.

Negli impianti di tipo TT il neutro non può essere aperto indipendentemente dalle fasi, ecco perché gli interruttori di quadro uniscono i leverismi della fase e del neutro perché nei BT deve essere simultanea l'apertura della fase e del neutro.



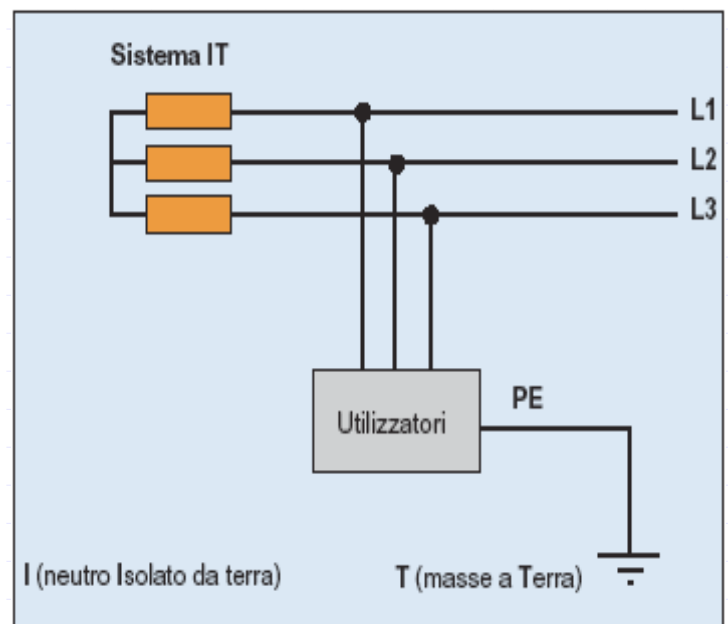
Infatti sezionando il neutro a monte di un utente va in tensione attraverso l'utente che riporta la tensione per esempio di 230V nel neutro stesso, non passa corrente ma la connessione elettrica riporta la tensione e questo è inammissibile!

Il fenomeno è diverso nel secondo caso in cui abbiamo due utenze alimentate da due fasi distinte. In questo caso l'apertura del neutro provoca anche il circolo di una corrente, in relazione alla stessa la tensione di 400V vede in serie le due resistenze, ed essendo la corrente di 3.45A provocherà in questo caso anche un sovraccarico di un'utenza (non solo il andando in tensione come nel primo caso). Il TT è l'impianto che si ha nelle civili abitazioni e nelle attività commerciali e piccole realtà artigianali e commerciali.

## IMPIANTO IT

È una tipologia di impianto che ha caratteristiche di continuità molto spinte con meccanismi che in stato di guasto non aprono le protezioni ma inviano segnalazioni, ma è estremamente complicato da progettare ed esercire. Si usa tipicamente in ambienti ospedalieri e alcune porzioni di impianti industriali dove è prevalente l'importanza della continuità di esercizio.

È caratterizzato da un neutro che non è collegato all'impianto di terra della cabina, e se anche lo fosse, sempre per ragioni di protezione per la perdita di isolamento dell'impianto, lo è attraverso un'impedenza di elevatissimo valore. Mentre l'impianto elettrico di utilizzatore deve essere collegato all'impianto di terra



globale.

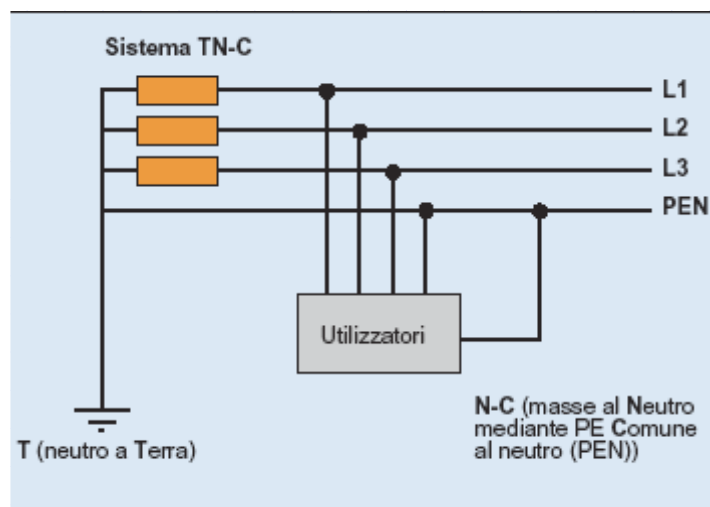
## IMPIANTO TN

È quello che si realizza sempre quando l'utente ha una **cabina MT/BT propria** quindi quando abbiamo a che fare con importanti attività commerciali, centri commerciali, attività industriali e grandi attività artigianali.

In Italia quando la consegna è in bassa tensione si ha un impianto TT, quando invece la consegna è in MT si opta per il TN. (La TN è intrinsecamente più sicura del tipo TT, ma in Italia si scelse di utilizzare anche la TT per altre ragioni.)

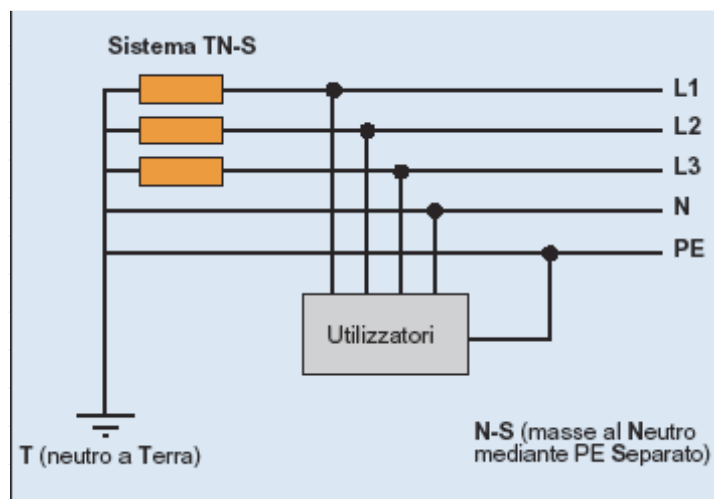
Questo tipo di impianto si divide in diverse tipologie: TN-C, TN-S, TN-C-S.

Nel TN-C le masse di utente vengono collegate direttamente al conduttore di neutro, che in questo caso ha la duplice funzione di conduttore di neutro e di protezione PE, denominato quindi PEN

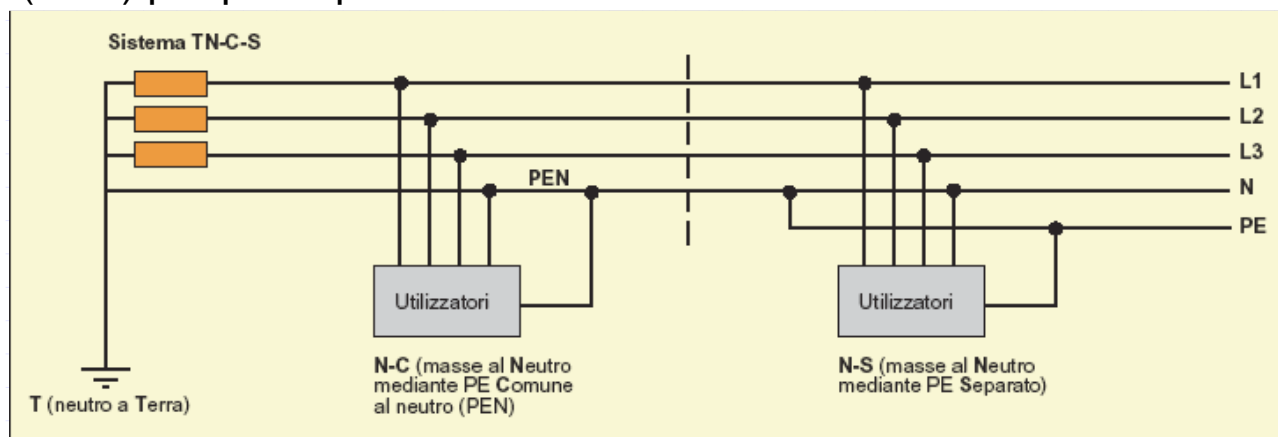


che distribuisce in tutti i punti del mio impianto i potenziali di riferimento .

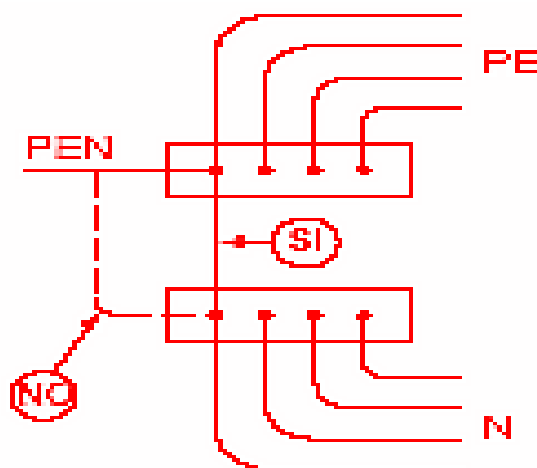
Nel tipo TN-S le masse di utente sono collegate al conduttore di protezione PE collegato all'impianto di terra della cabina (non all'impianto di terra di utente che non c'è).



La tipologia TN-C-S è una soluzione intermedia in cui le due configurazioni precedenti si utilizzano nello stesso impianto, tipicamente la TN-S si usa a valle mentre il TN-C in testa, per un primo tratto il conduttore di neutro è anche di protezione (PEN) per poi separarsi in PE e N.



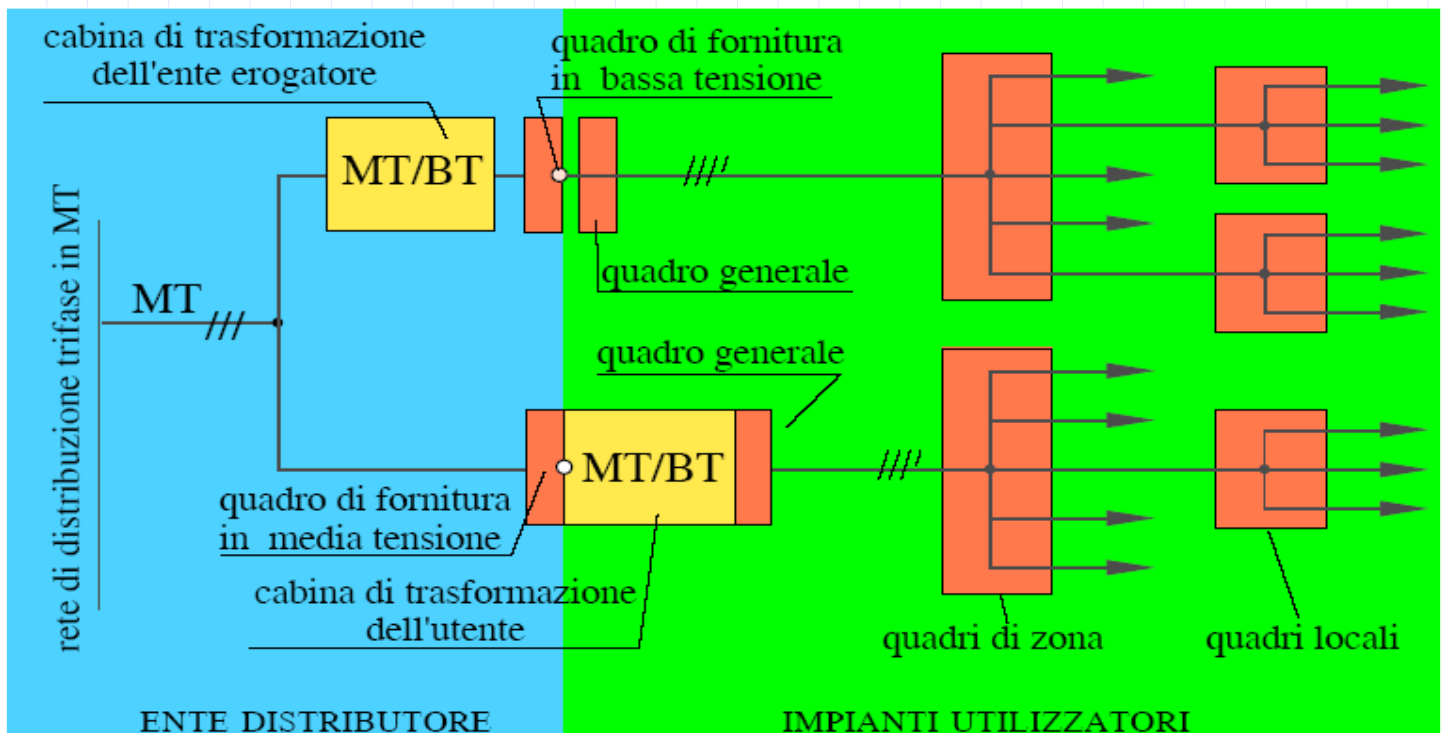
Si riporta la modalità di connessione opportuna di un impianto TN-C con TN-S: il collegamento tra neutro e conduttori di protezione avviene per mezzo di nodi equipotenziali su cui si attestano in uno tutti i conduttori di protezione, sull'altro tutti i conduttori di neutro e il conduttore PEN ( che arriva dalla porzione di impianto TN-C) si attesta al nodo equipotenziale di terra.



## STRUTTURA DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE

Prenderemo in esame alcune modalità realizzative dei sistemi di protezione verso gli utenti.

Si rappresentano due possibilità di realizzazione dell'impianto di distribuzione di bassa. Vediamo la prima:



— — — = linea trifase senza neutro

— — — — = linea trifase con neutro

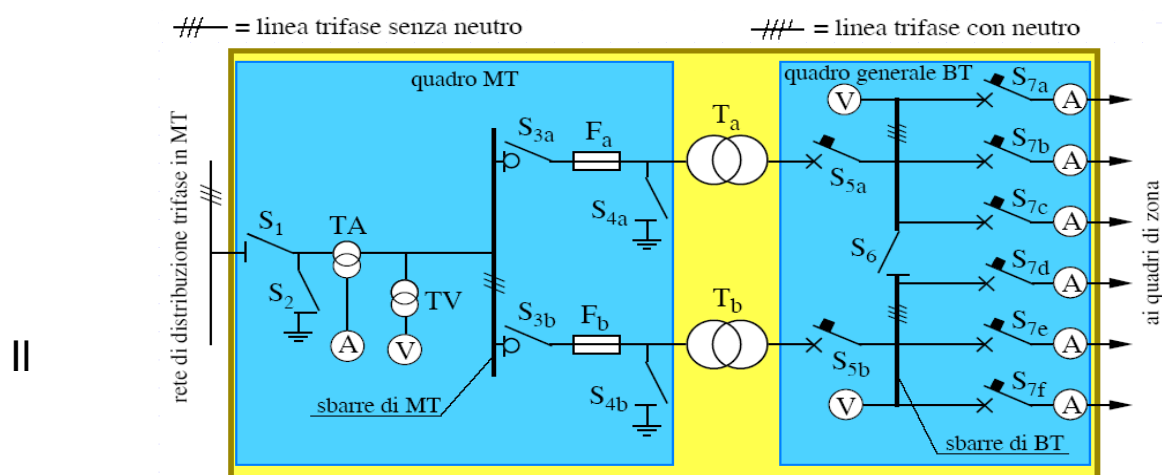
La parte azzurra dello schema è la parte di competenza della società elettrofornitrice, mentre quella verde è di competenza dell'utente finale.

Quella superiore è la classica configurazione dove il punto di consegna è in bassa tensione immediatamente a valle del contatore di energia. Il quadro di fornitura di bassa tensione che normalmente nelle unità abitative è una tavoletta, prevede un contatore limitatore che limiti l'assorbimento di potenza al valore contrattuale e il contatore di energia vero e proprio. I morsetti del contatore di energia sono l'unico punto accessibile da cui attingere all'impianto di distribuzione, da questi inizia l'impianto di utente (da qui la responsabilità è degli utenti e i progettisti) che parte con il quadro generale e vari sottoquadri, sia in monofase che trifase, fino a 10kW per monofase. Utenze oltre i 10kW renderebbero troppo squilibrato il carico generando problematiche e il neutro andrebbe in tensione.



L'altra soluzione invece prevede un quadro di fornitura in MT con un interruttore di media, dal quale inizia la competenza di utente con una cabina MT/BT alla quale segue il power center, da quel punto in poi l'impianto è come il caso precedente. Le utenze di questo impianto assorbono potenze importanti, altrimenti non avrebbe senso fare la cabina propria.

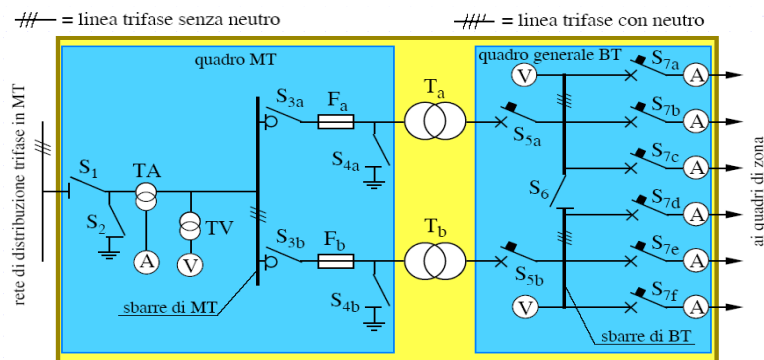
Qui abbiamo un possibile schema unifilare di una cabina MT/BT:



Il sistema in entrata ha la distribuzione della società elettrofornitrice, seguono:

- i sezionatori che aprono l'impianto;
- il coltello di terra che rende equipotenziale quella parte di impianto con il terreno quando viene aperto il sezionatore;
- il TA e TV, strumenti di misura;
- la sbarra di MT;
- gli interruttori di manovra-sezionatori; ai quali è demandata la manovra di apertura e richiusura nelle condizioni ordinarie di funzionamento
- i fusibili; demandata la protezione dell'impianto
- sezionatore di terra;
- trasformatore MT/BT;
- interruttore generale;

- sbarra di BT;
- sezionatore di sbarra, che riduce di molto la corrente di cc (in particolare senza S6 i trasformatori sarebbero in parallelo e se uguali la corrente di corto sarebbe doppia a quella dei due presi singolarmente. Se non ti ricordi il perché vai a rileggere i trasformatori!). Questi garantisce la flessibilità di esercizio in condizioni di manutenzione o guasto di uno dei due trasformatori, a questo punto chiuderei S6 e posso continuare a lavorare su tutte le linee.

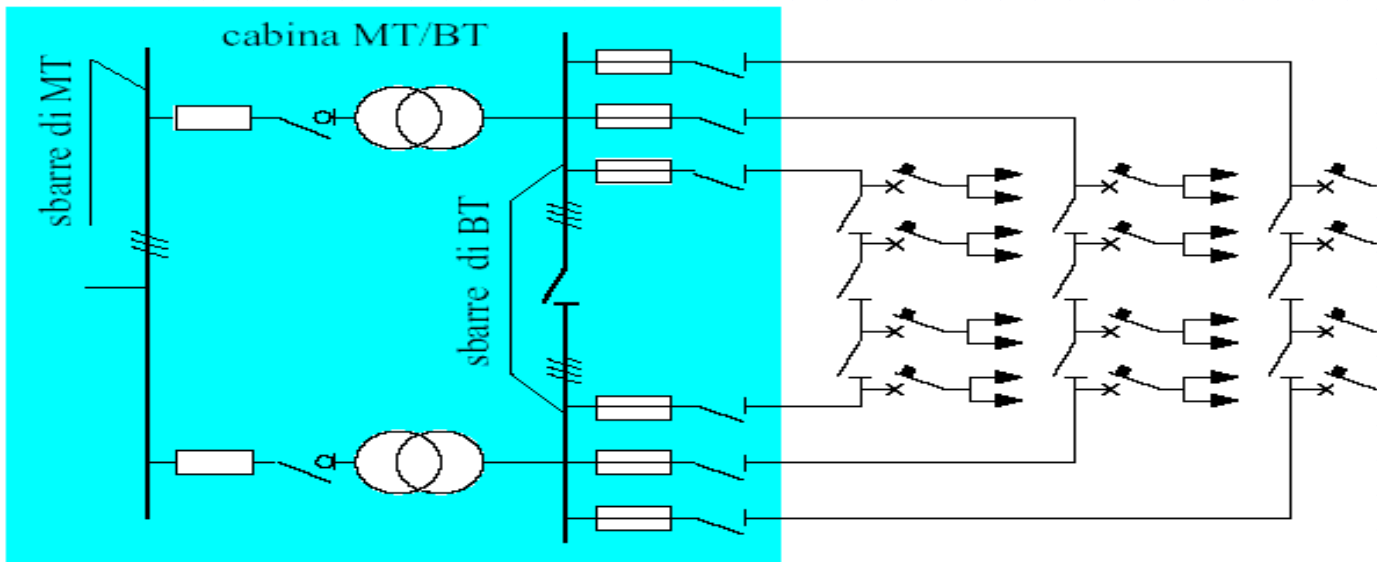


- strumenti di misura;
- interruttori in partenza di ciascuna linea, ognuno dotato di amperometro

Abbiamo in questo caso l'adozione di un doppio sistema a sbarre può essere interconnesso attraverso il congiuntore di sbarre, questo garantisce una certa flessibilità di esercizio in condizioni particolari come la manutenzione di un trasformatore e riduce la corrente di corto circuito. Perché con il congiuntore di sbarra chiuso il dimensionamento di questo interruttore sarebbe con una corrente di corto circuito doppia a quella relativa al singolo trasformatore.

Vediamo quindi le modalità di **distribuzione dell'energia a valle della cabina**, sia essa di proprietà della società elettrofornitrice oppure dell'utente.

Classica distribuzione ad anello realizzata in grossi complessi industriali, normalmente queste linee sono delle blindosbarre

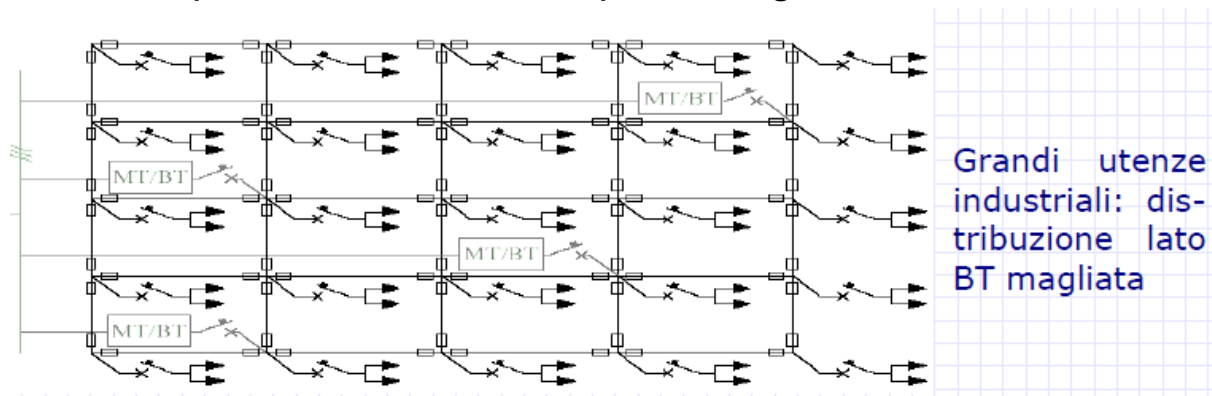


che viaggiano a soffitto dalle quali viene poi derivata l'alimentazione per le macchine. La distribuzione viene realizzata ad anello per avere la massima continuità di funzionamento possibile, per cui in presenza di un guasto in qualunque parte dell'impianto agendo sui sezionatori di linea riesco ad alimentare gran parte dell'impianto comunque. In alcuni casi si opera direttamente ad anello chiuso e non aperto per ridurre le perdite di tensione nelle sbarre. La protezione degli anelli chiusi è sofisticata quindi costosa. La configurazione ad anello è possibile negli impianti industriali perché confinata da una geometria nota e dalle caratteristiche elettriche sicuramente note.

Si sta cercando di ricondurre la distribuzione pubblica di MT ad anello chiuso per aumentare la hosting capacity della linea, rendendola cioè in grado di accogliere elevate quantità generazioni di distribuite (cioè elevate potenze), ma sono linee molto magliate e spesso non sono note le proprietà dei conduttori ai gestori stessi rendendo la conversione complessa.

Quindi lo schema di protezione usato in ambiente industriali ancora non può essere attuato per la distribuzione pubblica, e quindi ci sono situazioni in cui la rete non risulta protetta.

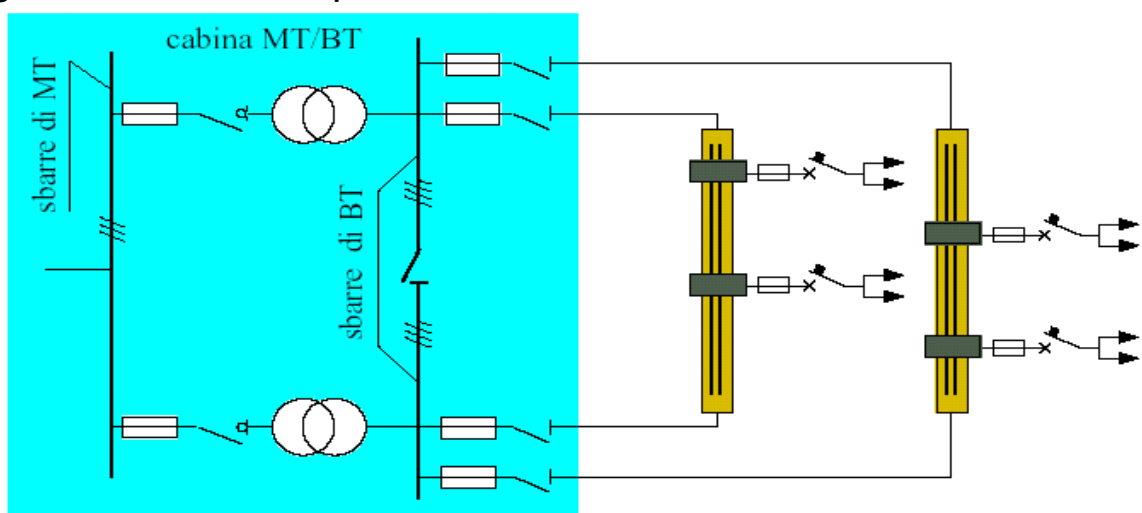
Un altro tipo di distribuzione è quella magliata:



Estremamente costosa e complicata da proteggere. Tuttavia le perdite di tensione sono molto molto piccole (essendo la rete di connessione magliata) e la continuità di esercizio è elevata.

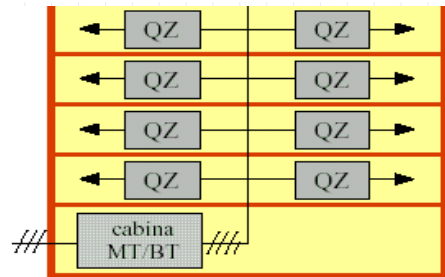
Non è neanche scontato coordinare tutte le protezioni, anche se si utilizzeranno quelle elettroniche così sarà facile andare a ricostruire le curve per poi garantire selettività.

In figura sottostante è presente il sistema industriale a blindosbarra ad anello normalmente aperto. Se il sezionatore di sbarra è chiuso la tensione bilaterale è  $U_a=U_b$ , se il sezionatore è aperto e la progettazione è stata ottimale e i trasformatori rispettano le specifiche, le tensioni sono sempre uguali, altrimenti di poco diverse.



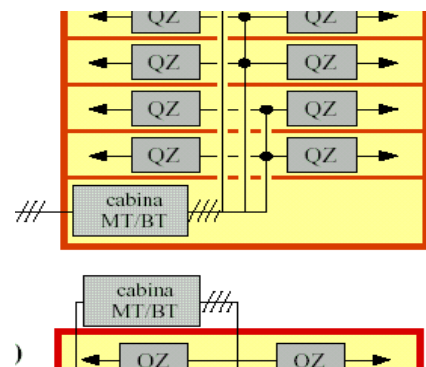
Vediamo invece sistemi di distribuzione di grandi utenze civili:

- **Classica distribuzione a linea montante (distribuzione dorsale);** In realtà si usa per grossi complessi del terziario e non per le abitazioni, per le quali il punto di consegna è nello scantinato. La linea montante non è del distributore ma della singola utenza, quindi la distribuzione dorsale non si usa più a meno della linea luci sebbene sia di competenza condominiale. Questa distribuzione è critica rispetto alle cadute di tensione in quanto **nella parte più alta ci può**

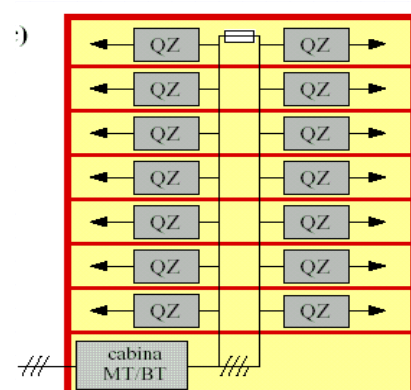


**essere una tensione anche significativamente più bassa della tensione di partenza.** Esistono strategie per minimizzare questi problemi quali partire con una tensione del 10% superiore a quella nominale, provvedimento ammesso dalla norma, per cui quando si arriva in cima si avrà una tensione di circa il 10% in meno rispetto a quella nominale, condizione sempre ammessa dalla norma vista dal punto di vista del distributore, l'utente deve sempre essere nell'intorno del 4%.

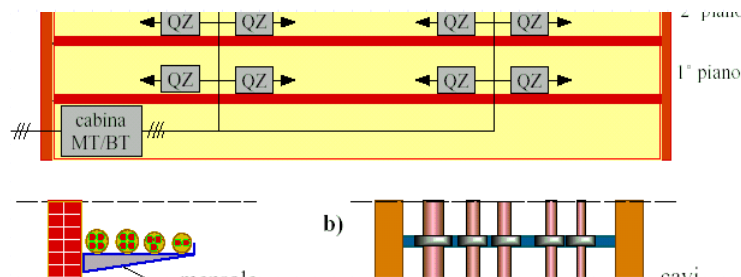
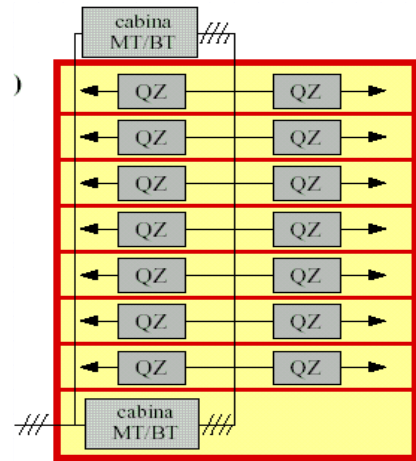
- **Con più linee montanti (distribuzione radiale);** Dal punto di consegna partono tre montanti che vanno ad alimentare tre gruppi di carichi, in questo modo si riesce ad attenuare la caduta di tensione nei carichi superiori.



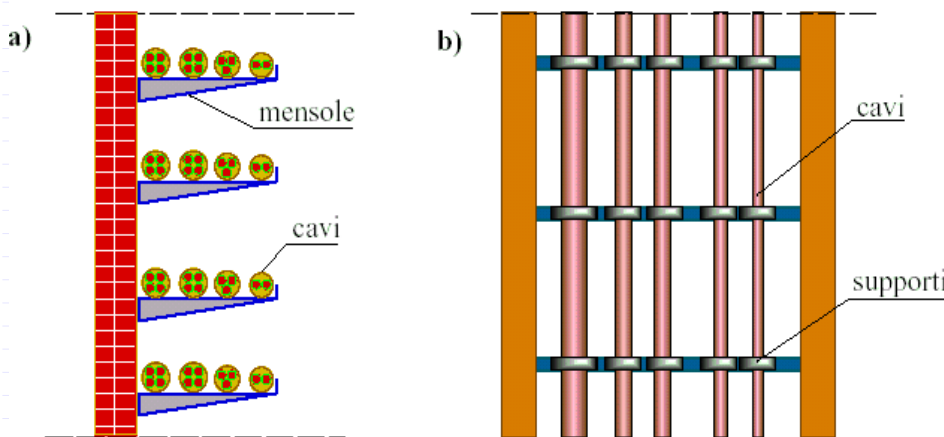
- **Distribuzione ad anello;** normalmente aperto e solo in casi eccezionali si chiude il sezionatore di monte. Questa soluzione minimizza sempre le cadute di potenziale e si aumenta la continuità elettrica in caso di guasto.



- **Sistema con doppia cabina;** una è situata negli scantinati e una sul tetto che realizzano un'alimentazione bilaterale della linea montante. Si usa in complessi importanti per i quali sarebbe possibile anche utilizzare la distribuzione a 900V invece che 400V.
- **Distribuzione su complesso a sviluppo orizzontale.**



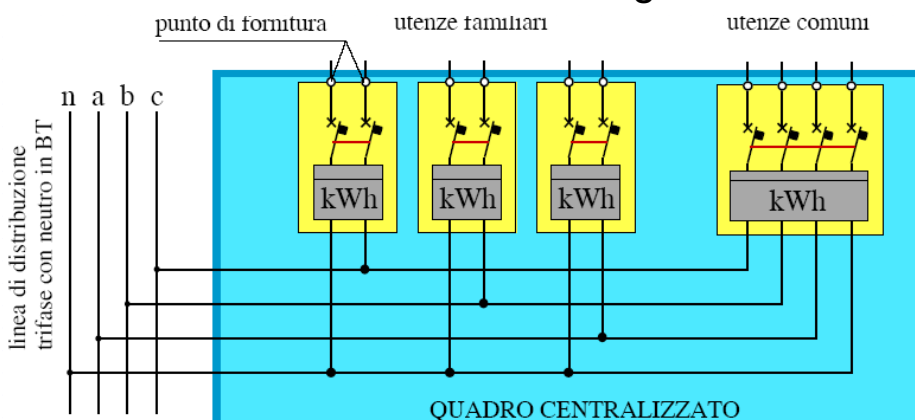
Seguono invece esempi di posa dei cavi nelle strutture: Mensole con cavi posti di fianco o anche impilati (a); Cavedio verticale attraverso il quale vengono fatte passare le montanti dell'impianto (b).



a) cunicoli (preferibilmente praticabili) dotati di mensole o canalette in cui sono posate le linee in cavo

b) montanti installati in cavedi

Arrivando all'utenza finale, in figura abbiamo esempi di Quadro civili abitazioni: condominio e singola abitazione.



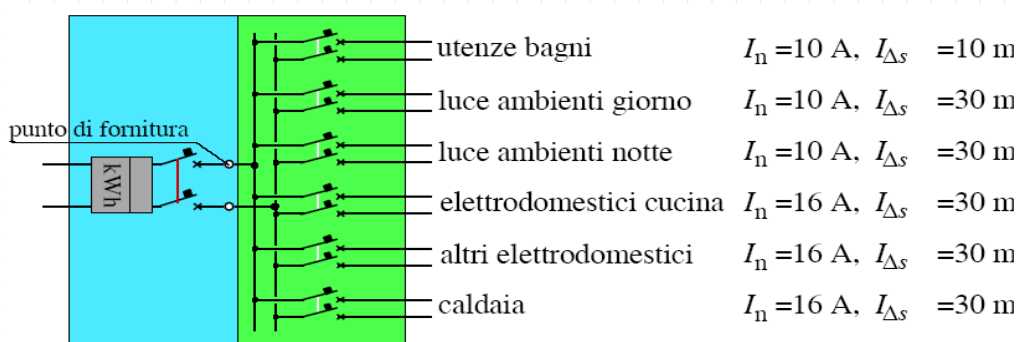
Tipica struttura di un quadro generale centralizzato di un complesso di piccole utenze

Spesso le configurazioni di quadri però sono molto diverse e a volte non conformi alla norma. Per elevare allo stesso grado di sicurezza degli impianti TN i TT nel 1990 è stata introdotta la legge 46/90 che imponeva l'uso del differenziale (ric differenziale correnti di dispersione) nell'impianto di terra, proprio per garantire quella sicurezza che intrinsecamente gli impianti TN avevano. Questa legge è stata a lungo disattesa e l'interpretazione al livello di realizzazione pratica di quadri di abitazione è stata diversificata e non si riusciva quindi ad ottenere una standardizzazione impiantistica di infimo livello (ndr semplice) pur essendo estremamente importante per quanto riguarda la sicurezza delle persone. Recentemente è stata emanata la legge 64-8/7\_ relativa alle unità abitative attraverso la quale è stata effettuata una standardizzazione dell'impianto elettrico delle unità abitative che è stato un grande passo avanti, e rende la progettazione (dal punto di vista delle linee e delle protezioni) molto più semplice, perché la norma dà indicazioni sulle sezioni dei cavi da utilizzare nelle diverse parti dell'impianto e quali devono essere le relative protezioni, tutto questo in funzione della potenza installata che è proporzionale con la metratura dell'unità abitativa.

Prima di introdurre la norma il tipo di quadro utilizzato era appannaggio del progettista con dipendenza anche dalla zona d'Italia nel quale ci si trovava.

Presente in figura sottostante è un quadro con elevata parzializzazione delle linee, che, a prescindere dalla norma, dovrebbe essere sempre perseguita dal progettista perché rende più flessibile utilizzo e manutenzione della linea.

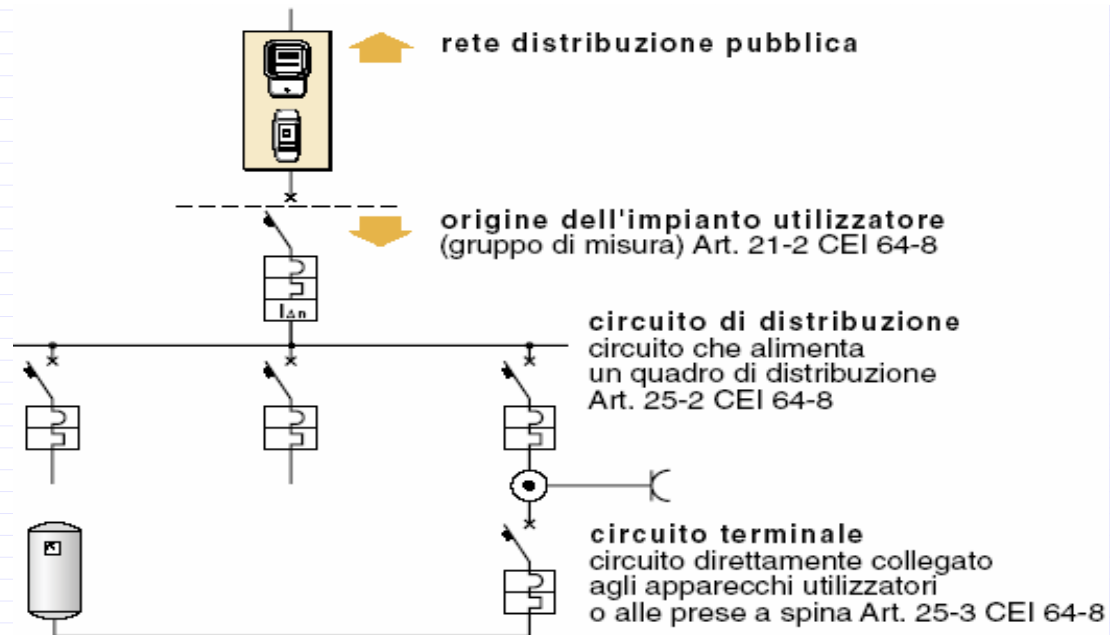
Per esempio separare la linea bagno e proteggerla con un differenziale ad alta sensibilità potrebbe essere sempre un'ottima scelta.



Tipica struttura di un quadretto locale di una unità abitativa

La norma dà delle indicazioni di minima ma nulla vieta di fare di meglio o di più, sempre tenendo conto dell'aspetto economico.

Vediamo quindi uno schema di quadro secondo la 46/90 in cui segue un differenziale (30mA) solo per tutto l'impianto all'interruttore generale.



L'unico differenziale su cui si sommano tutte le piccole possibili dispersioni dell'impianto può provocare **scatti intempestivi** (ndr indesiderati). Sarebbe buona norma almeno mettere sotto differenziali separati le prese a spina e i punti luce.

Si riporta la **classificazione dei componenti elettrici**, importante perché da essa dipende la protezione del componente e dell'impianto. Sono di 4 classi: 0, I, II, III. La classe 0 è in disuso, la classe III si usa solo in particolari tipologie di impianti elettrici.

- **Classe I:** La parte conduttrice in tensione (la fase) interna è separata da un isolamento principale dalla carcassa metallica collegata a terra (guaina). La protezione di questo componente è affidata al fatto che sia collegato a terra e che nell'impianto ci saranno organi di protezione automatica che interverranno quando si verifica una



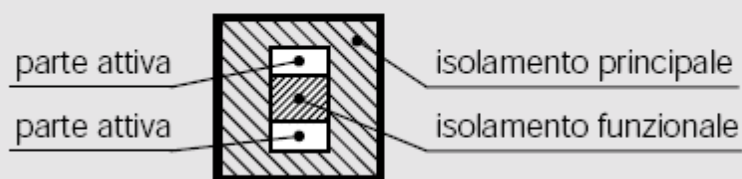
perdita di isolamento verso massa. È maggioranza dei componenti elettrici che sono presenti nelle abitazioni.

- **Classe II:** la parte in tensione è separata dall'esterno con un isolamento principale, un ulteriore isolamento rispetto alla eventuale carcassa metallica esterna, la quale non è collegata all'impianto di terra. La norma prescrive che i componenti di classe II non siano collegati a terra.
- **Classe III:** componenti di impianto alimentati in bassa tensione (50V) per i quali è ammesso un isolamento ridotto, in quanto la loro tensione non è ritenuta pericolosa.

Vediamo i differenti isolamenti realizzabili:

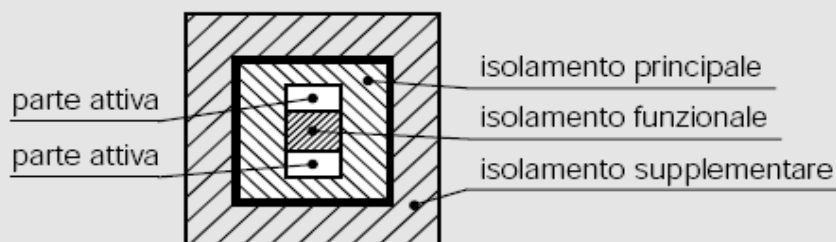
- **L'isolamento principale;** è realizzato con i conduttori separati dall'isolamento funzionale che evita il loro contatto indesiderato, poi queste parti sono separate dal mondo esterno ed eventualmente dalla carcassa metallica da un ulteriore isolamento detto principale. Infine la carcassa deve essere poi collegata all'impianto di terra. Questi sono componenti in classe I.

### Isolamento principale

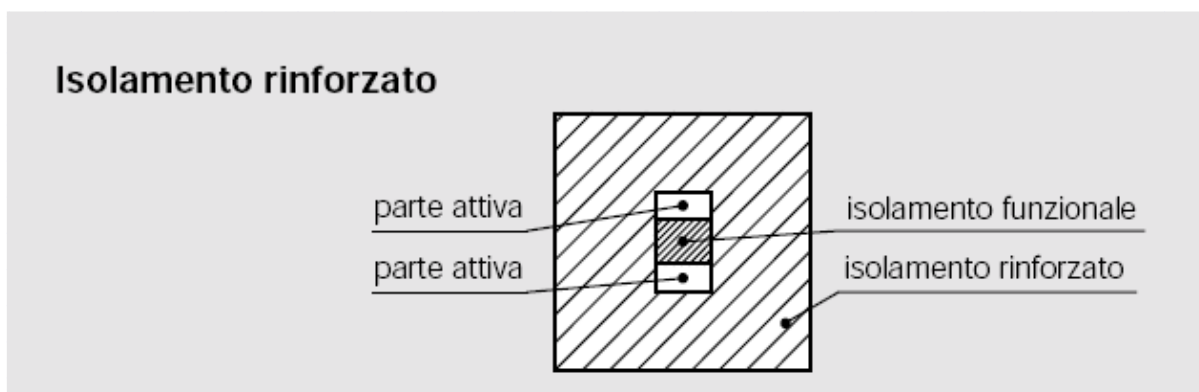


- **Doppio isolamento;** Oltre all'isolamento principale verso il mondo esterno o verso la carcassa metallica si trova un altro isolamento detto addizionale o supplementare, il livello di protezione che garantisce questo doppio isolamento classifica questi componenti come classe II

### Doppio isolamento



- **Isolamento rinforzato**; Il livello di sicurezza garantito dall'isolamento principale sommato a quello supplementare può essere raggiunto da un unico strato di isolamento rinforzato equivalente ai due. Anche questi sono componenti in classe II.



## PERICOLOSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA

Si definisce elettrocuzione (comunemente detta scossa elettrica) il passaggio accidentale di una corrente elettrica attraverso il corpo umano a seguito di un contatto con parti di un impianto elettrico in tensione. Si definisce folgorazione (impropriamente utilizzato anche come sinonimo di elettrocuzione che è la causa e non l'effetto), il complesso delle lesioni determinate dal passaggio attraverso l'organismo di una corrente elettrica proveniente da sorgenti di natura artificiale (i.e., gli impianti elettrici). Si distingue per questo motivo dalla fulminazione, causata da scariche elettriche naturali (i.e., dai fulmini).

Per quanto riguarda la sicurezza elettrica si possono prendere provvedimenti per la folgorazione ma poco si può fare per la fulminazione.

Un sistema che protegge è l'LPS (ndr probabilmente lightning protection system) che è un elemento costituente della progettazione che è bene valutare se realizzare o meno ma il

principio guida per la sua realizzazione è: se a posteriori dei calcoli effettuati il risultato ottenuto lo impone, stante la norma, va realizzato; altrimenti no in quanto la struttura di conduttori esterni (cioè LPS) è una via preferenziale per la richiusura delle scariche atmosferiche. Quindi le vie di fuga ideate potrebbero non essere seguite a causa dell'imprevedibilità della scarica, che potrebbe richiudersi sull'edificio e recare danni ingenti.

Il rischio non potrà mai essere eliminato finché esisterà una fonte di pericolo, quale è l'impianto elettrico. In impianti elettrici, oltre a non poter minimizzare il rischio, in alcuni casi ne accettiamo uno mortale in quanto da un bilancio costi benefici per la società scaturisce che non avrebbe senso proteggere da quel tipo di rischio. Questo non perché tecnicamente impossibile ma perché per la società il costo della protezione da quel rischio sarebbe talmente elevato in proporzione alla bassa probabilità che si verifichi l'incidente annesso, che si accetta di correre quel rischio. Questa è quindi una filosofia in controtendenza con il resto della progettazione della sicurezza elettrica.

I pericoli più importanti che scaturiscono da incidenti elettrici sono incendi, innescati non da una cattiva progettazione ma da una cattiva conduzione (esempio sovraccarico della presa a spina). Sono eventi molto frequenti, infatti il 10~20% degli incendi in Italia sono provocati da incidenti di natura elettrica, provocando una decina di decessi l'anno. A volte sono coinvolti operatori del settore per la sottovalutazione del pericolo provocata dalla familiarità, data dall'uso frequente e giornaliero degli impianti elettrici.

Ovviamente la cattiva gestione e il cattivo uso dell'impianto elettrico possono provare incidenti ma sta ai progettisti e costruttori impegnarsi per minimizzare il rischio, specialmente in ambienti umidi come i cantieri, bagni e aziende zootecniche (acqua). Si riportano inoltre incidenti mortali legati ad origine elettrica come per esempio cadute da impalchi di

manutenzione causate da elettrocuzioni con strumenti di lavoro.