

# **Le tensioni differenziali / correnti vaganti nelle aziende agricole dedite alla detenzione di animali**

## **Importanza, spiegazioni e valutazione**

Comitato tecnico Erdungen del CES

Quando gli animali domestici manifestano disturbi della salute, comportamenti anomali e - nel caso delle mucche - un calo della produzione di latte, contadini, veterinari e consulenti sospettano spesso come probabile causa di tali disturbi la presenza di correnti vaganti nella zona dove soggiornano gli animali.

Dato che nelle cerchie interessate la questione del possibile influsso negativo sugli animali suscita ormai da anni una grande insicurezza, il Comitato tecnico Erdungen del CES ha pubblicato già nel 2014 un articolo su questo tema.[2]

Il presente articolo spiega, perché nella stragrande maggioranza dei casi l'ipotesi di effetti indesiderati sugli uomini e gli animali sia infondata. Inoltre viene spiegato, perché uomini e animali possano percepire come fastidiose non le correnti vaganti, bensì le tensioni differenziali e come si possa verificare facilmente se le tensioni di contatto raggiungono il valore minimo di 1 V per poter essere eventualmente percepite. Un comunicato dell'ESTI e del CT Erdungen illustra le misure per evitare tali tensioni di contatto (Bolletino SEV/VSE 1/2 / 2019, p. 64).

Il termine «corrente vagante» indica le correnti che passano nel terreno e nelle parti conduttive di uno stabile. Tali deboli correnti di compensazione si possono rilevare in tutte le costruzioni con impianti elettrici. Sono indotte dalla messa a terra dell'impianto elettrico (messa a terra PEN). Il conduttore PEN (sigla che significa Protective Earth Neutral) è un conduttore che svolge simultaneamente le funzioni di conduttore di protezione (PE) e di neutro (N). È collegato alla conduttura di terra mediante l'elettrodo di terra (dispensore di fondazione).

Le correnti vaganti sono indotte nei sistemi di messa a terra degli stabili, così come in altre parti conduttive della costruzione, anche dal campo magnetico delle linee in cavo e degli apparecchi elettrici in funzione.

I motivi che portano all'insorgere di correnti vaganti sono descritti più dettagliatamente nell'Allegato A. Spesso si afferma che i campi magnetici che provocano le correnti vaganti possono avere effetti negativi. Considerando il problema più da vicino si constata però che nemmeno i campi magnetici, a causa della loro esigua entità, sono da considerare causa dei disturbi.

## **Le tensioni parassite quali fattori di disturbo rilevanti**

Se il collegamento equipotenziale (ossia i collegamenti metallici di tutte le strutture conduttive) non è sufficiente, possono instaurarsi tensioni differenziali fra il suolo e le parti metalliche. Come si illustra qui di seguito, la presenza di differenze di tensione più elevate è l'unica possibilità che gli animali ne possano risentire. La soglia di percezione varia da un individuo all'altro, dipende dalla situazione e inizia al di sopra di 1 V. (Si tratta del valore efficace, che può contenere anche armoniche (ossia frequenze più elevate), di cui si tiene pure conto. Sui voltmetri digitali viene indicato come media quadratica della tensione in funzione del tempo, con una costante per il tempo di adattamento di circa 0.1 ... 1 s.)

Nella letteratura tecnica inglese che parla degli effetti negativi dell'elettricità sugli animali domestici si parla perciò più correttamente solo di «spurious voltage» (lett. «tensioni spurie»). Nell'America del

Nord, dove – a motivo della diversità degli schemi per l’approvvigionamento elettrico degli agricoltori – nel sistema di messa a terra si verificano cadute di tensione notevolmente più elevate, gli accertamenti su questo tema sono più frequenti ed esistono ampi studi sull’influsso delle tensioni parassite e le reazioni degli animali domestici a tali tensioni. [3, 5, 6]

Se il collegamento equipotenziale è realizzato secondo la NIBT [9] le tensioni parassite raggiungono valori da qualche mV fino ad alcune decine di mV. Le correnti vaganti fluiscono nel sistema di messa a terra prevalentemente attraverso conduttori metallici, p. es. i ferri di armatura collegati (figura 1) e pertanto le cadute di tensione sono minime. Solo quando il collegamento equipotenziale manca, è interrotto o insufficiente oppure in caso di guasto a terra le tensioni differenziali possono essere misurabili in volt. A causa della resistenza elettrica relativamente elevata del corpo degli uomini e degli animali, quando si toccano parti metalliche le correnti di contatto sono talmente deboli che una persona non se ne rende conto, nemmeno se le tensioni sono dell’ordine di qualche volt.

In effetti però nella stalla gli animali possono percepire anche tensioni differenziali più piccole e avere una reazione, diversamente da quello che accade a una persona in condizioni quotidiane. Il motivo è che gli animali avvertono le tensioni fra elementi metallici, come mangiatoie, abbeveratoi, mungitrici e pavimento bagnato in calcestruzzo, con le parti del corpo stesse. Per esempio i bovini toccano gli elementi metallici con il muso mentre simultaneamente i loro zoccoli poggiano sul pavimento bagnato della stalla. Entrambi i punti di contatto hanno solo una debole resistenza di transizione fra le superfici conduttive e il corpo, così che il rapporto fra tensione differenziale e corrente di contatto è dato in primo luogo dalla resistenza del corpo dell’animale (figura 1).

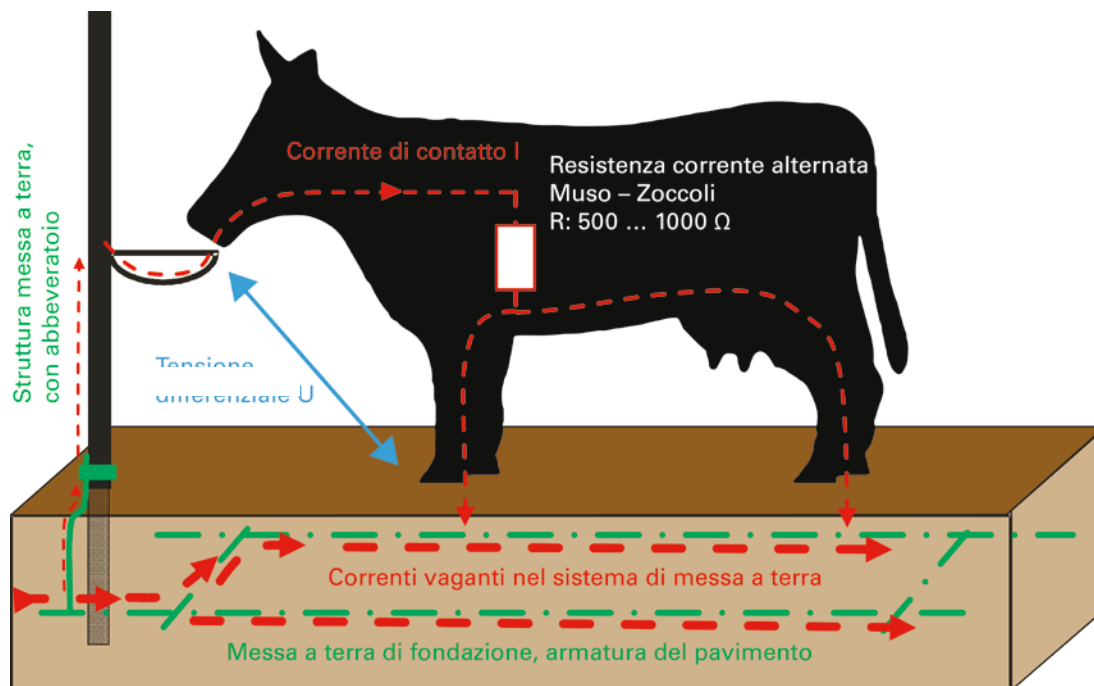


Figura1 Schema di principio della percezione della tensione di contatto fra il muso e gli zoccoli di un bovino.

Per valutare un possibile effetto negativo sono determinanti le summenzionate differenze di tensione presenti nell’azienda fra oggetti conduttori con possibilità di contatto.

La corrente I, che passa attraverso il corpo dell’animale con la resistenza elettrica R, risulta dalla tensione U percepita secondo la legge di Ohm ( $I = U/R$ ).

## **Studi quantitativi per valutare gli effetti negativi delle differenze di tensione sugli animali**

In un rapporto che riassume numerosi lavori di ricerca [5], si specifica che occorre una corrente di contatto alternata di 2 mA oppure di 2.8 mA per la corrente continua nel caso di bovini particolarmente sensibili, per influire sul loro comportamento (v. [3, 6]). Inoltre per la resistenza del corpo di un bovino, misurata fra i quattro zoccoli e il muso, si presume un valore fra 500  $\Omega$  e 1000  $\Omega$  [7]; per un possibile effetto negativo ne risulta quindi un valore inferiore della tensione di contatto di massimo 1 V per la tensione alternata e 1,4 V per la tensione continua.

Ampi studi sull'esposizione di bovini negli USA e in Francia hanno constatato che per aspettarsi un effetto negativo sugli animali occorrono tensioni differenziali a partire dall'intervallo di 1 V fino a circa 5 V. [3, 4, 5]. Nel quadro di questi studi gli animali dell'esperimento sono stati esposti per parecchio tempo nell'usuale ambiente della stalla a tensioni di contatto definite, controllando gli effetti negativi sul comportamento, sul consumo di cibo, sulla produzione di latte, come pure a livello veterinario. Negli esperimenti del genere, che durano parecchio tempo, oltre alle differenze individuali, giocano un ruolo decisivo anche gli effetti dell'abitudine.

Finora gli studi su questo tipo di esposizione non hanno indicato che tensioni alternate inferiori a 1 V possano avere effetti negativi sugli animali. È importante notare che, nel caso degli studi negli USA [5], effetti medici (clinici) riproducibili sono stati constatati soltanto quando le tensioni hanno superato la soglia della percezione (ossia > 1 V tensione di contatto), provocando anche disturbi comportamentali.

Il valore di soglia per le prime reazioni di mucche da latte particolarmente sensibili viene pure indicato con 1 – 2 V dallo standard IEEE 1695 [12].

In assenza di difetti dell'impianto elettrico o del sistema di messa a terra, in una stalla le tensioni di contatto sono decisamente inferiori a 1 V. Pertanto solo in casi eccezionali ci si può aspettare un effetto negativo sugli animali causato dal passaggio attraverso il corpo di correnti di compensazione (correnti di contatto > 2 mA).

## **Insorgenza ed effetto delle differenze di tensione continua**

Deboli differenze di tensione continua insorgono anche in assenza di un impianto elettrico. Si tratta di tensioni elettrochimiche generate dalla transizione fra metalli da una parte e terreno o una costruzione di calcestruzzo umida, dall'altra parte. In situazioni particolarmente sfavorevoli si possono misurare fra diverse parti di metalli differenze di tensione di oltre un volt. Però, dato che la soglia di percettibilità è più alta nel caso della corrente continua (al minimo 1,4 V), è pure improbabile che le tensioni elettrochimiche (dovute alla formazione di macroelementi) possano provocare effetti negativi.

In Svizzera bisogna aspettarsi un effetto rilevante prodotto da impianti a corrente continua, come p. es. le ferrovie a corrente continua, solo in rari casi, dato che le cadute di tensione dell'ordine di volt sono possibili soltanto con correnti di ritorno elevate o resistenze di terra elevate.

## **Verifica della presenza di una tensione di contatto superiore a 1 V**

Qui di seguito viene descritto come si può realizzare un controllo metrologico quando si presume che siano presenti in corrispondenza delle attrezzature metalliche di contatto nella stalla tensioni di contatto straordinariamente elevate di oltre 1 V.

Per la sicurezza di uomini e animali nell'azienda è innanzi tutto indispensabile che nelle aziende agricole dedite alla detenzione di animali vengano eseguiti sistematicamente i controlli dell'impianto previsti dalla NIBT [9] dopo lavori di rinnovo e modifica degli impianti a bassa tensione, nel quadro dei quali si verifica anche l'efficacia del collegamento equipotenziale. L'attestazione di tale sicurezza (controllo degli impianti) è richiesta dagli artt. 35 e 36 OIBT [8].

A questo riguardo fanno stato le cifre: 4.1.5.2 «Collegamento equipotenziale di protezione supplementare» (esempio stalla) e 7.05 «Luoghi destinati ad animali domestici» (cifra 7.05.4.1.5.23).

Se si sospettano difetti dell'impianto elettrico occorre perciò far eseguire sempre un controllo dell'impianto stesso. Inoltre si consiglia una misurazione della messa a terra e un controllo dei raccordi del collegamento equipotenziale nell'area in cui si trovano gli animali.

I titolari di un'autorizzazione di controlli si possono trovare seguendo il link seguente: <https://verzeichnisse.esti.ch/it/aikb>

## **Misurazione di eventuali tensioni parassite di disturbo**

Per verificare se vi siano tensioni differenziali superiori a 1 V, si possono eseguire misurazioni di tensione alternata con uno dei normali multimetri reperibili in commercio.

Per la misurazione delle tensioni parassite occorre tenere conto dei punti seguenti:

- Per verificare l'influsso degli impianti elettrici utilizzatori dell'azienda agricola sulle tensioni di contatto (soffiatori fieno, impianti di foraggiamento, impianti di mungitura, ecc.) occorre che durante le misurazioni nei locali in cui sono installati vengano accesi almeno per alcune misurazioni a campione. Se si sospetta che le tensioni parassite siano causate da fonti esterne (impianti di approvvigionamento elettrico, linee a corrente forte, ferrovie, ecc.) bisogna eseguire le misurazioni quando tali impianti sono in funzione. Durante le misurazioni i dati di esercizio (in particolare le correnti di esercizio) dovrebbero se possibile essere registrati.
- Le misurazioni vengono eseguite con un voltmetro (impostazione tensione alternata di un multimetro) e stabilendo un contatto fra le linee di misura e due parti metalliche che possono essere toccate o fra un pavimento conduttore e una parte metallica. Nelle misurazioni occorre tenere conto della distanza a cui il bovino può percepire una tensione, pari alla lunghezza del suo corpo (3 m al massimo).
- Nel caso di un suolo naturale il contatto può essere stabilito utilizzando una piastra di acciaio di circa 20 cm x 20 cm. Sui pavimenti duri conduttivi (calcestruzzo) il contatto può essere realizzato avvolgendo una piastra in uno straccio o in una spugna bagnati (figura 2).
- I pavimenti isolanti, per esempio le zone dove gli animali stanno eretti o si sdraiano, e rivestiti di plastica o gomma, possono essere controllati a campione, dove l'efficacia dell'isolamento appare dubbia, per esempio a causa dell'umidità.
- La tensione indicata dallo strumento andrebbe osservata per circa 5 s. Si annota il valore dopo che l'indicazione dello strumento si è stabilizzata. Se l'indicazione è fluttuante, eventualmente il tempo di misura va prolungato, in modo da poter osservare più di un valore massimo. Si annota il valore massimo che appare ripetutamente.
- In determinati casi possono manifestarsi influssi capacitivi, che fanno pensare erroneamente a una tensione di contatto con accoppiamento galvanico dell'ordine di volt. Per evitare questi effetti lo standard IEEE 1695 - 2016 consiglia di utilizzare una resistenza di carico collegata in

parallelo al voltmetro, che simula la resistenza del corpo del bovino. Resistenze di misura di 3000  $\Omega$  previste a questo scopo sono reperibili in commercio come accessori per i multimetri.[12, 13] Il valore raccomandato della resistenza è superiore alla resistenza del corpo e va bene per misurare le tensioni di contatto nel caso più sfavorevole, in cui il corpo abbia una resistenza molto elevata.

Se per gli animali si misurano tensioni di contatto o differenziali percepite di oltre 1 V, la causa va accertata da un servizio specializzato, un controllore di impianti elettrici o un consulente della sicurezza, che procederà a ulteriori misure e all'eliminazione della causa.

Attenersi alle norme vigenti in materia di impianti elettrici è una misura efficace per evitare le tensioni differenziali (v. [1]).

Le modifiche degli impianti a bassa tensione sono lavori di installazione. Per poterli eseguire occorre la corrispondente autorizzazione dell'Ispettorato federale degli impianti a corrente forte. Artt. 6 - 16 OIBT (RS 734.27)



**Figura 2** Misurazione della differenza di tensione alternata fra il pavimento dove si trova un bovino e un abbeveratoio di metallo. Una soluzione semplice per stabilire il contatto con il pavimento di calcestruzzo si ottiene utilizzando una piastra metallica avvolta in uno straccio bagnato. Per questa misurazione la distanza corrisponde approssimativamente a quella fino alle zampe anteriori.

**Nota:** le misurazioni delle tensioni continue con puntali di metallo sono significative soltanto se si misura fra parti metalliche. Sul terreno bagnato, il calcestruzzo, ecc., quando il puntale metallico stabilisce il contatto si generano tensioni elettrochimiche (generalmente inferiori a 1 V) dipendenti dal sistema di misura e che non hanno un rapporto diretto con la tensione di contatto che percepiscono i bovini (si veda anche la sezione 4). Per tenere conto in maniera corretta delle tensioni elettrochimiche, quando si misurano tensioni continue su un pavimento di calcestruzzo o suolo naturale occorre utilizzare elettrodi di riferimento standardizzati (semielementi elettrochimici).

## Bibliografia

- [1] «Differenzspannungen/Streuströme in landwirtschaftlichen Tierhaltungsbetrieben, Massnahmen zur Vermeidung störender Differenzspannungen in bestehenden und neuen Nutztierställen», comunicazione dell'Ispettorato federale degli impianti a corrente forte e del Comitato tecnico Erdungen del CES, Bollettino SEV/VSE 12/2018, p. yy – zz).
- [2] Streuströme in landwirtschaftlichen Tierhaltungsbetrieben Mechanismen und Auswirkungen, Bollettino 03/2014, p. 54ss.
- [3] Deschamps F., Devaux L. Rigalma K., Roussel S., Duvaux-Ponter C., «Innovative approach of the potential impact of HV lines on their environment: the experimental farm», Cigré Session Paris 2010, Paper C3\_113\_2010.
- [4] «Mieux connaître les risques des courants électriques parasites dans les exploitations d'élevage», Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, EDF, Promelec, Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture, Groupama; RTE, 92068 Paris, [www.rte-france.com](http://www.rte-france.com)
- [5] Douglas J. Reinemann, «Literature review and synthesis of research findings on the impact of stray voltage on farm operations», Prepared for the Ontario Energy Board, 31 March 2008.
- [6] Dürrenberger G., «Kriechströme, Stand des Wissens», Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation, c/o ETH Zurigo, 8092 Zurigo.
- [7] Biegelmeier G., Kieback D., Kiefer G., Krefter K.-H., «Schutz in elektrischen Anlagen, Volume 1, Gefahren durch den elektrischen Strom», VDE-Verlag, 2a edizione, 2003.
- [8] Ordinanza sugli impianti a bassa tensione (OIBT, RS 734.27).
- [9] Norma sugli impianti a bassa tensione NIBT, SN 411000:2015.
- [10] Ordinanza del 23 dicembre 1999 sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) (RS 814.710).
- [11] SNG 483755 (SN Guideline); «Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen, Erläuterungen zu den Artikeln 53 – 61 der Starkstromverordnung SR 734.2», CT CES Erdungen, Gruppo di lavoro 3755, giugno 2015.
- [12] Standard IEEE 1695 – 2016 «IEEE Guide to understanding, diagnosing, and mitigating stray and contact voltages».
- [13] Adattatore per tensioni parassite, TL225-1, Fluke Switzerland GmbH, 8303 Bassersdorf.
- [14] SNR 464113, «Regeln des CES Fundamentender», 2015.

## Allegato A: Origine delle correnti vaganti

Sistematicamente, nel terreno e nel sistema di messa a terra dell'edificio, le correnti vaganti costituiscono una piccola parte di una corrente di ritorno parziale che fluisce dall'edificio che si collega alla rete elettrica. Anche piccole parti delle correnti di ritorno degli impianti ferroviari o parti delle correnti di terra delle linee aeree nelle vicinanze possono fluire dal terreno attraverso i sistemi di messa a terra e i conduttori di terra dei collegamenti di cavi. Inoltre le correnti vaganti sono prodotte anche per induzione dei campi magnetici degli impianti elettrici domestici.

Entrambi i casi sono descritti più dettagliatamente nelle due figure seguenti:

La figura 3 presenta lo schema di un normale impianto di approvvigionamento elettrico di una fattoria, che viene alimentato da una cabina di trasformazione [11]. Dato che generalmente le tre fasi della linea a bassa tensione non hanno tutte lo stesso carico, scorre una corrente di ritorno asimmetrica (corrente netta) che rifluisce alla cabina di trasformazione tramite il conduttore di neutro messo a terra (conduttore PEN). Per motivi di sicurezza il conduttore di neutro viene messo a terra in corrispondenza sia della cabina di trasformazione sia dell'utenza (in questo caso la stalla degli animali). A causa del contatto di terra alle due estremità, una piccola parte della corrente di ritorno può rifluire attraverso i conduttori del sistema di messa a terra e il terreno.

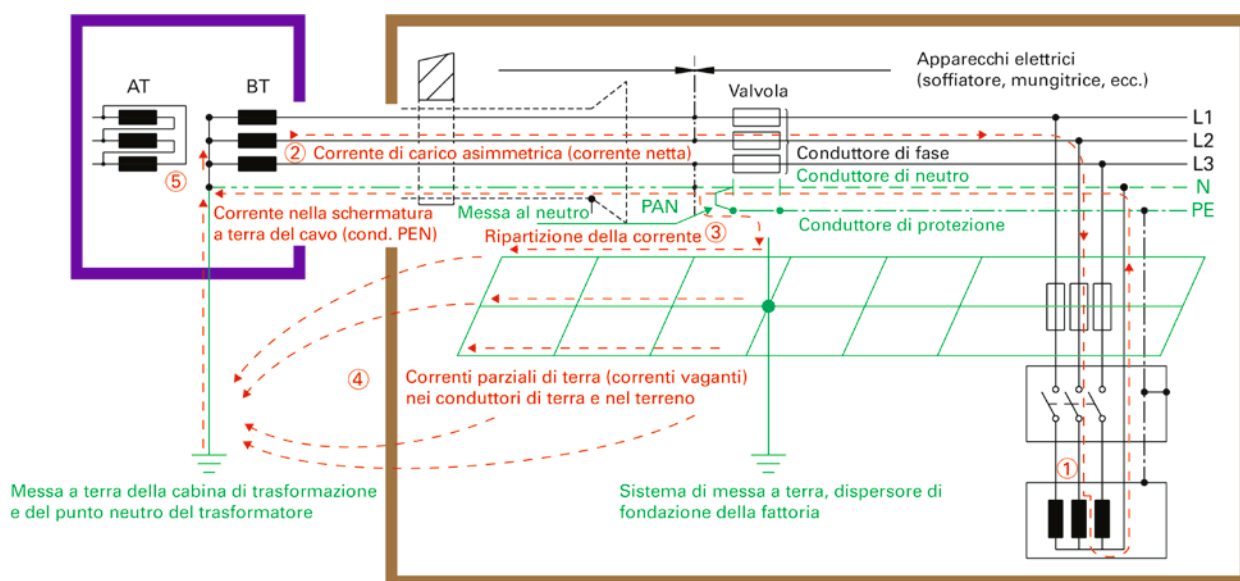
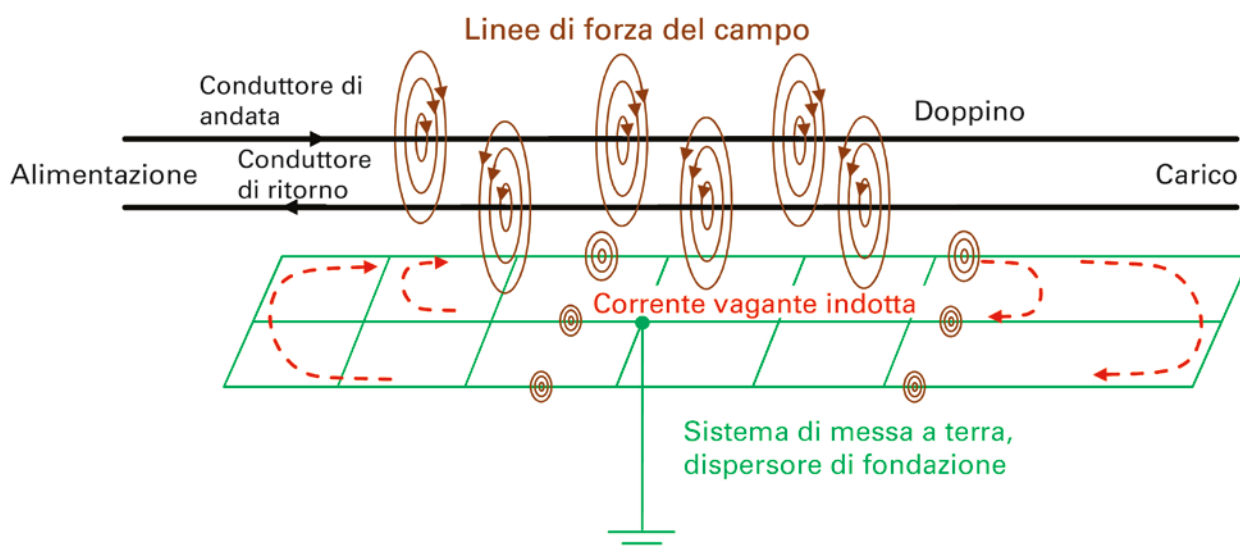


Figura 3 Schizzo per spiegare l'insorgere delle correnti vaganti come correnti parziali di compensazione al di fuori del conduttore di terra (conduttore PEN), secondo [11]:

- Un carico asimmetrico dei tre conduttori esterni (conduttori di fase) produce una corrente netta.
- Tale corrente netta fluisce attraverso i tre conduttori esterni fino al carico e poi ritorna attraverso il conduttore di neutro fino al punto di allacciamento dello stabile, proseguendo quindi attraverso il conduttore PEN fino alla cabina di trasformazione.
- Con la messa a terra del conduttore di neutro (messa al neutro in corrispondenza del punto di allacciamento dello stabile) una piccola parte della corrente di ritorno può passare al sistema di messa a terra dello stabile.
- Si forma così una corrente vagante che alla fine rifluisce pure al sistema di terra della cabina di trasformazione tramite i conduttori presenti e il terreno.
- Nella cabina di trasformazione le correnti di ritorno parziali passano dal sistema di messa a terra della cabina al punto neutro del trasformatore.

La figura 4 mostra il secondo meccanismo con cui possono pure essere generate correnti vaganti di debole intensità. Nei cavi dell'impianto elettrico dello stabile, nelle linee aeree e negli altri cavi in cui circola la corrente creano un campo magnetico. Se le linee di forza del campo magnetico

attraversano una spira del sistema di messa a terra, nella spira viene generata una debole corrente circolare. Tale corrente crea a sua volta un campo magnetico contrario al campo magnetico che l'ha generata e quindi lo indebolisce.



**Figura 4** Immissione di correnti vaganti provocata dall'induzione di un campo magnetico. In questo caso sull'esempio di una linea bifilare.

A parte i casi di guasto, come viene illustrato qui di seguito, i campi magnetici delle correnti vaganti sono deboli e innocui.

Come esempio particolarmente sfavorevole si ipotizza una corrente di 1 A in un unico conduttore di terra con andamento rettilineo. La densità del flusso magnetico generata dalla corrente di 1 A in questo conduttore diminuisce linearmente con la distanza e a 20 cm dal conduttore è già scesa a 1 T. (Per una corrente  $I$  che passa in un unico conduttore diritto l'induzione magnetica  $B$  alla distanza  $d$  si calcola con la semplice formula seguente):  $B = 0,2 \times I/d$ ). Questo valore corrisponde al limite precauzionale secondo l'OIBT [10] per i luoghi a utilizzazione sensibile da parte di persone. Scopo dell'OIBT è proteggere le persone dagli effetti negativi o fastidiosi delle radiazioni non ionizzanti. Il limite precauzionale di 1 T è da intendersi come valore medio su tutto il corpo. Vale per i luoghi dove le persone soggiornano regolarmente per periodi prolungati. Non è vincolante per le stalle degli animali di allevamento, dato che non sono considerate luoghi a utilizzazione sensibile e il valore limite dell'impianto non vale per gli animali.

In base all'OIBT [10], in tutti i luoghi accessibili al pubblico, come pure nelle stalle, bisogna obbligatoriamente rispettare i valori limite di immissione dipendenti dalla frequenza (per 50 Hz: 100 T). Questo valore vale per il campo magnetico degli impianti delle aziende elettriche (p. es. cabine di trasformazione e linee aeree e cavi che passano nelle vicinanze). Peraltro nelle zone delle stalle dove soggiornano gli animali normalmente si misurano solo valori di 0,1 T fino a pochi T.

Le misurazioni con un magnetometro consentono di sapere rapidamente quali campi vi sono nella stalla.

Pertanto non c'è da aspettarsi che gli animali vengano disturbati dai campi magnetici prodotti dalle correnti vaganti nei conduttori di terra e in altre strutture metalliche.

Le correnti che circolano nel sistema di messa a terra possono interagire con i tessuti biologici di uomini e animali solo tramite il campo magnetico. Data la bassa conduttività elettrica del corpo, le



correnti parassite che producono sono molto deboli. Come spiegato più sopra, i campi magnetici sono perciò innocui. Un effetto diretto delle correnti vaganti sugli animali e le persone non può essere fondato.