

# APPUNTI DI CORROSIONE IN BARCA

Giulio Mazzolini

novembre 2009 v.4.0

## Parte I

### Le corrosioni

Un anno fa ho deciso di farmi costruire una barca in alluminio e molti amici mi hanno detto che andavo a cercare problemi. Ci sono da anni migliaia di scafi in ferro e alluminio in mare e adesso i fenomeni di corrosione sono ben noti. Mi sono quindi deciso di studiarli per sorvegliare la mia barca e assicurarmi che non si facessero pasticci pericolosi.

Non pensiate che i problemi di corrosione in mare riguardino solo gli scafi metallici, anche le barche con lo scafo in resina e in legno ne sono affetti. Tanti casi di perdita di chiglia e di timone si possono spiegare solo con la corrosione, molti assi motore e eliche sono scomparse. Molte barche sono affondate per la corrosione dei passascafi, quindi armatori di barche in resina e legno, continuate a leggere.

In questo testo affronteremo i principali tipi di corrosione che accadono nelle barche:

- la corrosione galvanica, la più diffusa
- la corrosione elettrolitica, ovvero per correnti vaganti, la più devastante

Ci sono altri tipi di corrosione, una quella per cavitazione, che riguarda per esempio le eliche che girano ad alta velocità, ma qui ci limiteremo ad esaminare solo quelle prima enunciate.

## 1 La corrosione galvanica

Le idee sulla corrosione galvanica e sulla corrosione per correnti vaganti sono spesso confuse e talvolta sbagliate.

La corrosione galvanica dipende da un fenomeno naturale che dobbiamo ben comprendere prima di proseguire, quello della cella galvanica.

La cella galvanica andrebbe più propriamente chiamata voltaica, in quanto fu Volta a scoprire l'effetto elettrochimico dei metalli, mentre Galvani scoprì una cella elettrica, ma fatta con cosce di rane e non intuì il fenomeno alla base della formazione del potenziale elettrico che era appunto una caratteristica dei metalli.

In natura ogni metallo ha un suo potenziale elettrico diverso, anche se di pochi millivolt: è possibile mettere in fila i metalli da quello con maggior potenziale e quello con minor potenziale e scrivere una serie galvanica, come quella , ridotta, qui sotto riportata:

### SERIE GALVANICA IN ACQUA SALATA

Potenziali riferiti alla mezza cella argento/cloruro di argento

Inox 316 passivo	-0,0
Inox 304 passivo	-0,05
Piombo	-0,19
Inox 401 passivo	-0,26
Bronzo Ammiragliato	-0,28
Rame	-0,30
Stagno	-0,31
Ottoni	-0,30
Inox 304 attivo	-0,46
Inox 410 attivo	-0,46
Ghisa	-0,60
Ferro dolce	-0,60
Alluminio	-0,76
Zinco	-0,98
Magnesio	-1,6

Immergendo in un liquido conduttore, detto elettrolita, (per esempio acqua di mare, ottimo conduttore) due metalli diversi e misurando con un buon voltmetro la differenza di potenziale tra i due metalli troveremo un valore che è la differenza tra i potenziali dei due metalli.

(Non è facile misurare questa differenza di potenziale direttamente tra i due metalli, bisogna misurarlo rispetto una cella di riferimento, in genere quella di Argento/Cloruro di Argento)

Riproducendo la cella di Volta, immergendo zinco e rame nell'elettrolita, la differenza di potenziale sarà circa 0,68 Volt, un buon valore, sicuramente sufficiente a far scorrere corrente tra i due metalli. La differenza di potenziale infatti deve essere superiore a circa 0,20 volt affinché scorra corrente tra i due metalli.



Figura 1:

Volta si accorse che il metallo a potenziale inferiore, detto anodo, si corrodeva ma lo ritenne un difetto delle pile che stava provando, invece oggi sappiamo che *la corrosione è intrinseca al funzionamento della cella*.

Quando colleghiamo due elementi a potenziale diverso, scorre elettricità dal polo con voltaggio maggiore verso il polo con voltaggio minore, nel nostro caso e con una resistenza del collegamento di 1 Ohm troveremo una corrente di 650 mA, non trascurabile.

La cella voltaica è quindi composta da TRE elementi:

- una coppia di metalli diversi
- un liquido conduttore nel quale i due metalli siano immersi
- un collegamento elettrico tra i due metalli

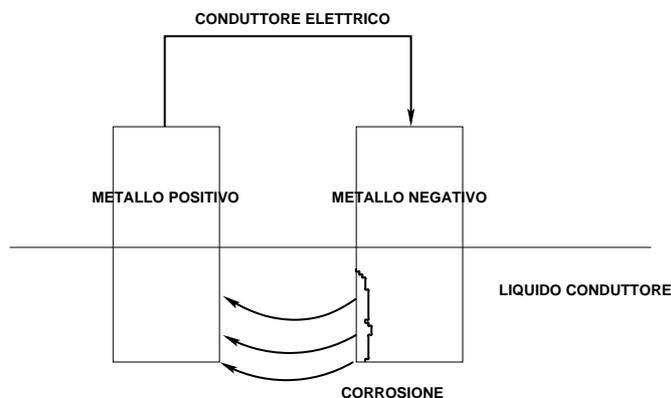


Figura 2: LA CELLA GALVANICA

Se manca anche uno solo di questi tre elementi non si forma la cella galvanica, né la corrente galvanica, né la corrosione. Questo è un principio che va ben tenuto a mente, ovvero che *si forma sempre una cella voltaica e quindi corrosione quando esistono tutti e tre gli elementi suddetti*.

Ecco quindi la regola d'oro dei tre moschettieri:

- 1) DUE METALLI DIVERSI
  - 2) IN CONTATTO TRA LORO
  - 3) IMMERSI NELLO STESSO ELETTROLITA
- =CORROSIONE CERTA DEL METALLO MENO NOBILE

Vediamo, molto approssimativamente, cosa succede nella cella voltaica.

Se chiudiamo il circuito elettrico scorre corrente, per esempio tra alluminio e zinco, con una differenza di potenziale di circa 0,2 Volt e una resistenza di 1 Ohm, transita una corrente di 200 mA.

Oggi sappiamo che la corrente che convenzionalmente transita dal polo positivo a quello negativo è in realtà un flusso di elettroni che vanno in senso inverso dal polo negativo a quello positivo.

Gli elettroni quindi passano dallo zinco all'alluminio tramite il collegamento elettrico, lasciando nell'alluminio degli ioni positivi che tendono a disperdersi nell'elettrolita.

Lo zinco si consuma, il fenomeno continua sino a che lo zinco non si è consumato **COMPLETAMENTE**, mentre l'alluminio resta intatto.

In Appendice è descritto in linguaggio scientifico il fenomeno.

*Ciò avviene tra qualsiasi coppia di metalli diversi abbastanza lontani nella serie elettrochimica.*

Il metallo a potenziale inferiore è detto anodo, oppure metallo attivo o metallo meno nobile. Qualsiasi metallo può diventare un anodo se collegato con un metallo più nobile, per esempio nella coppia alluminio-acciaio l'anodo è l'alluminio, ma nella coppia alluminio-zinco l'anodo è lo zinco.

## 1.1 La corrosione dell'anodo

La corrente, che è la responsabile della corrosione, dipende dalla differenza di potenziale dei due metalli e dalla resistenza del collegamento, quindi più potenziale=più corrente=più corrosione.

Ma la corrosione, che è *sempre* dell'anodo, dipende anche dalle superfici relative dei due metalli.

Un rivetto di alluminio in una lastra di acciaio scomparirà in un baleno, mentre una lastra di alluminio con rivetti di acciaio si corroderà "poco" rispetto al suo spessore, per cui gli effetti della corrosione non si vedranno quasi.

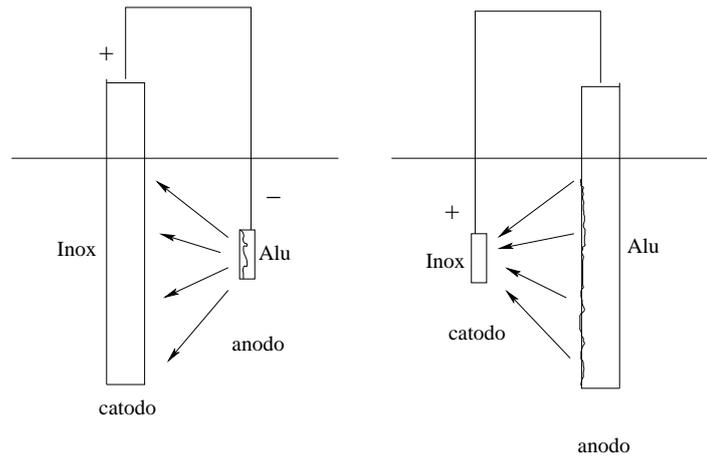


Figura 3:

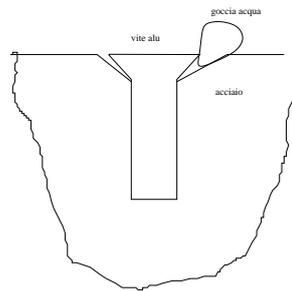


Figura 4:

## 1.2 La corrosione in coperta

Abbiamo detto prima che la coppia metallica deve essere immersa, ma non è vero, basta che sia in contatto con lo stesso elettrolita, infatti la corrosione galvanica si forma anche in coperta, se i due metalli in contatto sono bagnati da una goccia d'acqua.

La barca è sempre salata, bastano poche gocce di acqua piovana per produrre un elettrolita e se questo si trova in contatto con due metalli diversi si forma una cella. Se il metallo meno nobile è una vite o un rivetto, questo si consumerà in pochissimo tempo, da qui la regola di usare sempre viti e rivetti di materiale più nobile dei metalli che fissano.

## 1.3 L'alcalinità

La cella galvanica presenta ancora una caratteristica importante da tener ben presente: l'elettrolita attorno al catodo diventa alcalino.

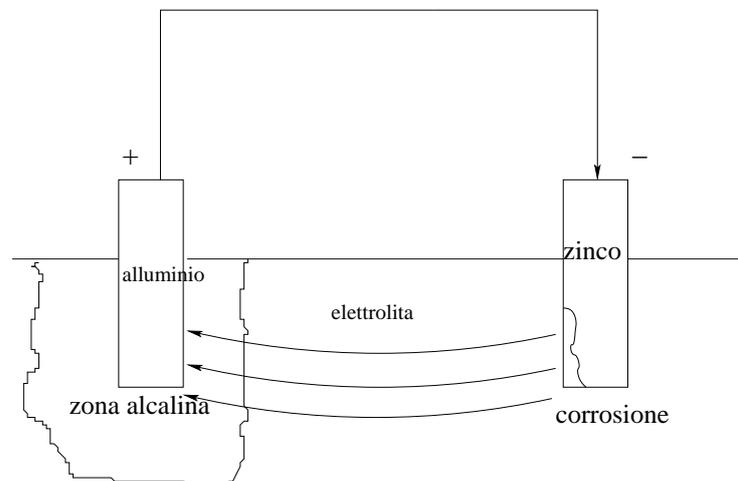


Figura 5:

Se non c'è flusso di ricambio sufficiente a diluire l'elettrolita alcalino, questo può provocare corrosione chimica del catodo.

Un esempio classico di corrosione per alcalinità è il fenomeno della corrosione dei chiodi in rame in uno scafo di legno con chiglia di ferro.

Essendo il rame più nobile del ferro, non si dovrebbero corrodere, ma a causa della alcalinità del legno umido circostante, i chidi vengono attaccati e il legno marcisce.

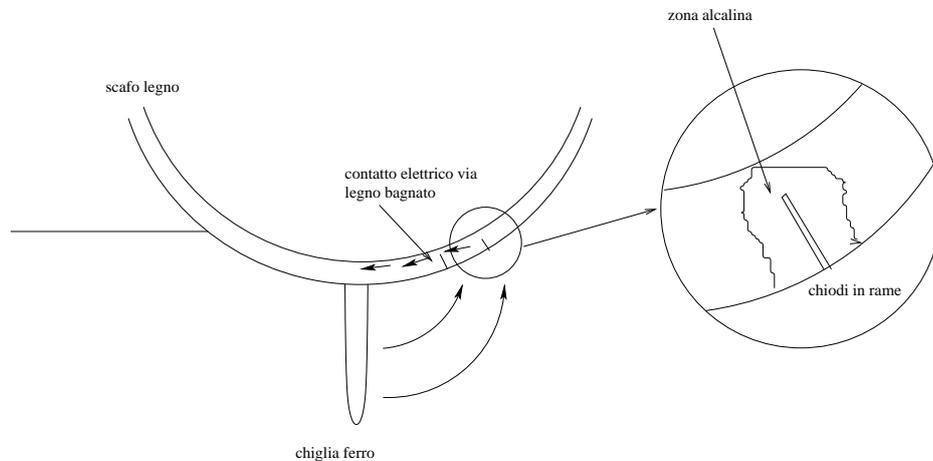


Figura 6:

Un altro caso frequente è la corrosione dell'alluminio per "sovra-protezione" dagli zinchi. Se il voltaggio scende sotto -1 V l'alluminio diventa alcalino e si corrode. Anche questa volta la corrosione è chimica: l'alluminio non resiste all'attacco degli alcali.

## 1.4 Le leghe

La cella voltaica si forma solo e sempre quando sono presenti le tre condizioni di cui sopra, due metalli, in contatto e immersi in un elettrolita, ora una lega è composta da due metalli, per esempio l'ottone è composto di rame e zinco, che sono, come abbiamo visto, lontani nella serie galvanica. Se immergiamo un pezzo di ottone in acqua di mare (buon elettrolita), produciamo una cella voltaica: la corrente tra rame e zinco della lega è certa e così la corrosione dello zinco, in breve tempo resterà solo del rame spugnoso e dell'ottone non ci sarà più traccia.

Ecco perché non si devono usare ottoni a contatto dell'acqua salata!

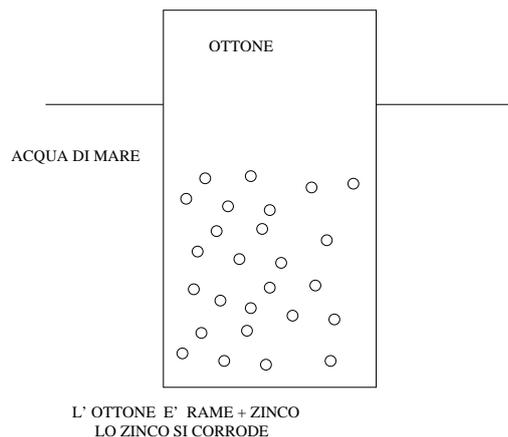


Figura 7:

## 1.5 Gli ossidi

Le correnti galvaniche sono subdole: si formano nello stesso metallo se questi incorpora impurità o ossidi con potenziale elettrico diverso!

Gli acciai inossidabili sono tali in quanto ricoperti da uno strato protettivo di ossido, ma se questo strato di ossido viene asportato in un punto (e siamo in presenza di elettrolita), si forma una coppia galvanica tra l'ossido dell'acciaio inox (più positivo) e l'acciaio senza ossido, (negativo), per cui la zona anodica, ovvero l'acciaio, inizierà a corrodersi. Vedremo le tracce di corrosione che tanto ci sorprendono quando le notiamo negli acciai che riteniamo essere inossidabili.

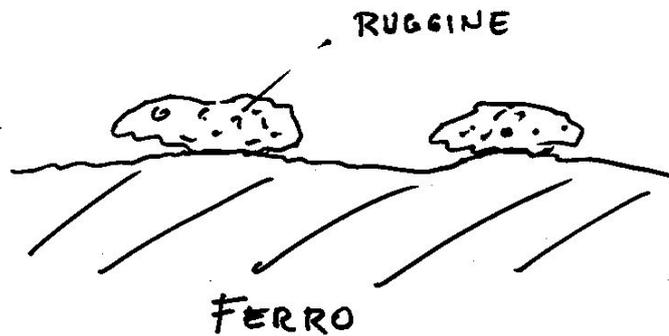


Figura 9:

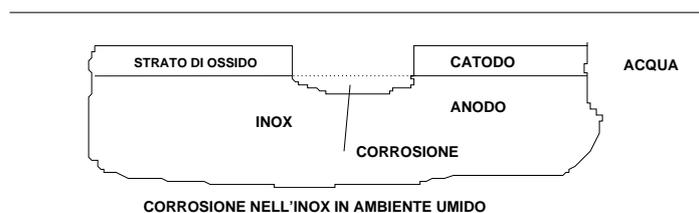


Figura 8:

Un altro caso di corrosione galvanica di un solo metallo è quello del ferro, il quale produce a contatto con l'atmosfera un ossido, la ben nota ruggine, che è catodica rispetto al ferro sottostante, la corrosione galvanica attacca il ferro, la ruggine perde il supporto e si stacca, quindi si ritrova esposto altro ferro che forma altro ossido e così via fino alla disintegrazione totale del metallo.

Altri metalli, quali l'alluminio e il rame, invece si ricoprono di un ossido molto resistente che al contrario della ruggine aderisce bene al metallo sottostante e lo protegge contro la ossidazione ulteriore. Per esempio l'ossido di alluminio, l'allumina, è molto più duro dell'alluminio e fonde a una temperatura più elevata, (che è il motivo per cui la saldatura dell'alluminio è difficile). Ma se lo strato di ossido si danneggia e viene asportato in un punto, in quel punto la corrosione galvanica si concentra e il metallo si corrode fino a perforarsi.

Va segnalato che pur essendo l'acciaio inox lontano dall'alluminio nella serie galvanica, e quindi in teoria molto aggressivo, in pratica, ricoprendosi entrambi rapidamente con rispettivi ossidi, la corrosione dell'alluminio è molto lenta, per cui è ammesso l'uso di viti o rivetti inox sull'alluminio, a condizione di poterne verificare lo stato visivamente.

## 1.6 La sentina

La corrosione galvanica avviene facilmente in sentina, luogo bagnato per antonomasia.

Molti citano la famosa moneta di rame nella sentina di una barca di alluminio: due metalli, in contatto, immersi nello stesso liquido: bingo! La cella è sicura e lo scafo in alluminio si corroderà, poco per volta a dire il vero, ma si corroderà lentamente e inesorabilmente sino a consumarsi del tutto, fino a che persistono le condizioni della cella, anche a barca affondata!

Per fortuna non ho mai sentito che sia successo veramente, ma potrebbe in teoria succedere.

Quindi occhio ai metalli diversi in sentina!

Nota bene: l'acqua di sentina non è in contatto con il mare, quindi non sono un elettrolita ma due distinti e isolati, due metalli, uno in sentina e uno in mare, non formano una coppia.

## **1.7 Casi tipici di corrosione galvanica**

Ecco alcuni casi di corrosione galvanica.

### **Chiglia e i suoi bulloni**

Le chiglie esterne sono in genere di ghisa, acciaio o piombo, i bulloni di ancoraggio sono in bronzo o acciaio inox. Se un po' di umidità si infiltra tra la chiglia e lo scafo abbiamo sicuramente una cella galvanica: si corroderà il metallo meno nobile ovvero la chiglia. La corrosione avviene al contatto tra i bulloni e la chiglia che potrebbero perdere la loro tenuta. Una soluzione è di ancorare i bulloni con dadi a entrambe le estremità.

### **L'albero motore e l'elica**

Spesso di due metalli diversi: per esempio l'albero in inox e l'elica in bronzo. L'elica si corrode.

### **Timone con asse in acciaio inox 316 e cuscinetti in bronzo**

Anche in questo caso, essendo il bronzo è meno nobile, si corrode.

### **Passa scafi in bronzo su scafo alluminio**

In questo caso è lo scafo a corrodersi

### **Scafo alluminio ormeggiato a pontile in ferro**

Se esiste un collegamento elettrico tra lo scafo e il pontile, basta una passerella in alluminio o in carbonio, dei cavi di ormeggio metallici, lo scafo in alluminio si corroderà.

### **Metalli diversi in sentina**

La sentina è un luogo umido, sempre. Qualsiasi coppia metallica sotto il livello del livello di acqua in sentina, è una cella e il metallo meno nobile si corrode.

### **Rivetti in alluminio su acciaio inox**

I rivetti scompaiono in un baleno essendo sia grande la distanza nella serie galvanica ma anche grande il rapporto sfavorevole tra le superfici.

## **2 La corrosione elettrolitica**

*Ogni qual volta un metallo disperde corrente in un elettrolito, si consuma.*

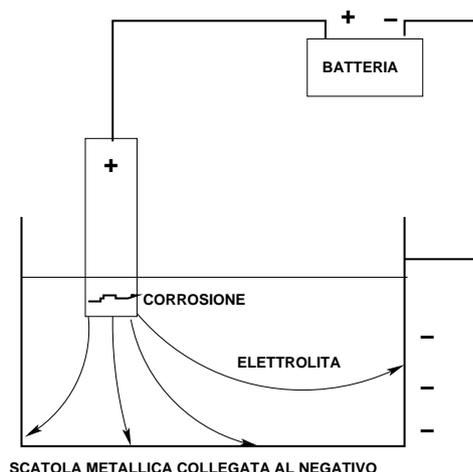


Figura 10: LA CORROSIONE ELETTROLITICA

Anche nella cella galvanica l'anodo disperde corrente nell'elettrolita e si corrode. La differenza tra la corrosione galvanica e quella elettrolitica è che nella seconda

- il potenziale elettrico viene imposto,
- che è molto più elevato
- che basta una coppia di metalli qualsiasi, anche uguali

La corrosione elettrolitica è sempre causata da correnti vaganti, che invece di rientrare disciplinatamente al negativo della batteria attraverso gli appositi cavi, trovano più comodo, facilitati dall'umidità, da spellature o da falsi contatti, rientrare con percorsi diversi.

In ambiente asciutto le correnti vaganti sono solo pericolose per l'uomo, ma non causerebbero corrosione, ma se attraversano un elettrolita allora si produce corrosione.

Le correnti galvaniche sono, come abbiamo visto, di pochi milliampere essendo dovute da differenze di potenziale bassissime, le correnti vaganti derivano da tensioni molto più alte, 12 o 24 Volt. Le correnti in gioco sono enormemente più alte e così pure le corrosioni.

La corrosione da correnti vaganti può essere rapida e devastante.

## 2.1 La pompa di sentina

Una apparecchiatura soggetta a possibili correnti vaganti e relativa corrosione è la pompa in sentina.

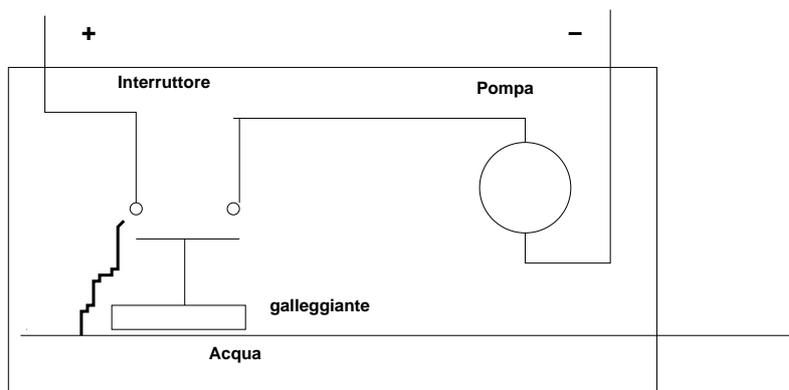


Figura 11:

La pompa di sentina è azionata da un interruttore con galleggiante che quando il livello dell'acqua sale fa partire la pompa.

L'ambiente è ovviamente umido e i costruttori degli interruttori fanno del loro meglio per costruire interruttori stagni, ma può succedere che ci sia una perdita tra il cavo positivo e l'acqua, formandosi così una corrente vagante, l'interruttore si corrode e non chiude più il circuito, di conseguenza la pompa non parte. Se non vi accorgete in tempo che l'interruttore si sta corrodendo potreste trovarvi con la barca affondata, cosa successa più spesso di quanto si possa credere.

## 2.2 La corrosione dell'elica

Un caso comune di corrosione per correnti vaganti è quello dell'elica.

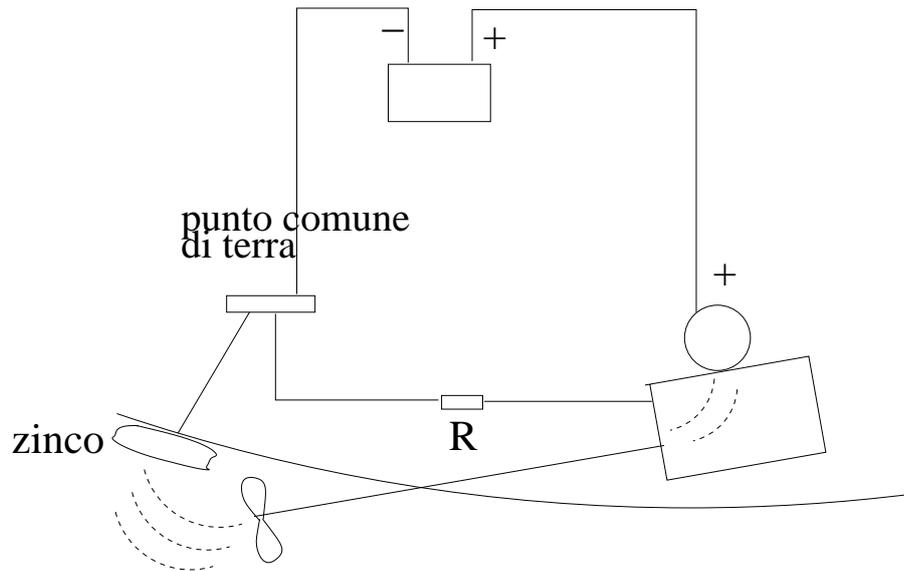


Figura 12:

Nel caso illustrato in figura un componente elettrico ha il ritorno collegato alla massa del motore.

L'asse e l'elica sono, come è normale, collegati con la massa del motore.

Il motore è correttamente collegato a terra ma se il collegamento è difettoso e presenta ossidazioni e quindi una certa resistenza la corrente di ritorno trova più comodo tornare al negativo della batteria via elica-acqua-zinchi: l'elica si corrode e probabilmente anche l'albero motore!

## 3 La banchina

### 3.1 Corrosione galvanica dovuta al collegamento in banchina

Esaminate il disegno seguente.

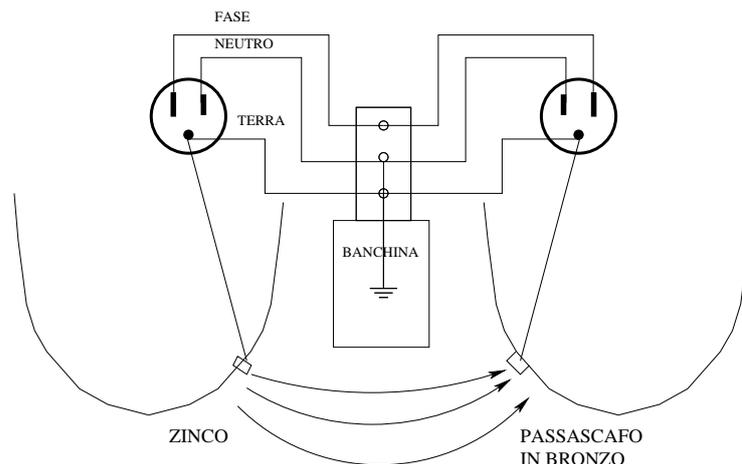


Figura 13: DUE BARCHE IN BANCHINA

Le due barche sono collegate alla presa in banchina, la terra della banchina è, come deve essere, collegata a terra, la terra della linea a CA lato barca è, come richiesto dalla norme ABYC americane, è collegata alla rete di "terra" della barca.

Ma una barca ha un passascafo di bronzo collegato alla sua terra e l'altra ha uno zinco collegato alla propria terra. Ecco una bella cella: due metalli diversi, collegati assieme dal cavo di terra delle prese in banchina, immersi in mare!

Corrosione sicura dello zinco, il proprietario della barca potrebbe scoprire che lo zinco si è consumato eccessivamente in pochi giorni e non capire perché.

Se poi le due barche sono una in alluminio e una in ferro ecco che la cella diventa gigantesca e la corrosione pure: lo scafo perdente sarà quello in alluminio. Ma niente paura ci si può proteggere.

### 3.2 Prese in banchina-Corrente Alternata

Un caso ben noto e devastante di correnti vaganti dovuti alla presa in banchina è illustrata nella figura seguente.

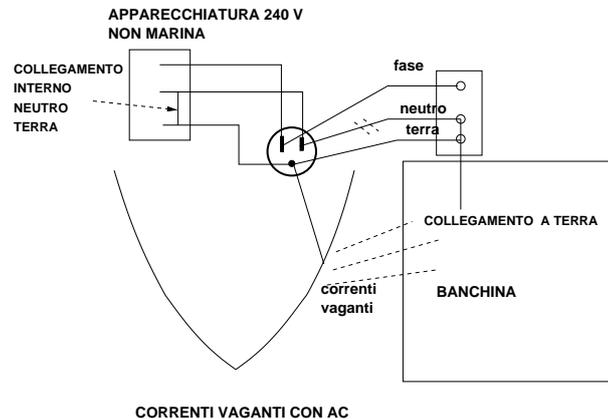


Figura 14:

CORRENTI VAGANTI CON AC

Ricordiamo per prima cosa che sia il cavo di fase che il neutro portano corrente, mentre il filo di terra no. Ora il neutro è, correttamente, collegato a terra lato banchina, mentre non lo è in barca.

Adesso inseriamo nella presa a 220 V CA un elettrodomestico non marino che abbia il suo neutro messo a terra. In questo modo il neutro è collegato al circuito di terra della barca. Se il ritorno del neutro, per un motivo qualsiasi, fosse difettoso e presentasse una certa resistenza, la corrente potrebbe ritornare seguendo il devastante e pericoloso percorso via il circuito di terra, gli zinchi e il mare per arrivare felicemente alla terra vera.

Ma durante questo percorso possono succedere cose molto spiacevoli, *un bagnante che si trovi nel percorso della corrente vagante può rimanere mortalmente fulminato, e sicuramente le parti metalliche dalle quali esce la corrente si corroderanno molto velocemente.*

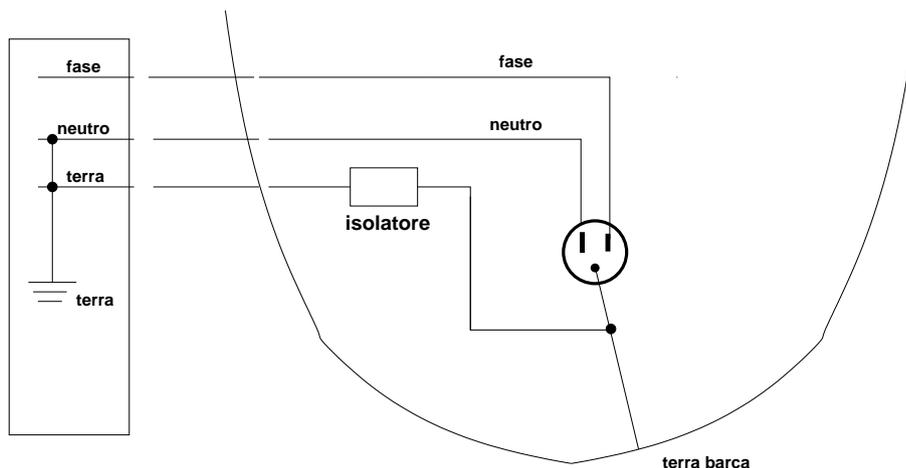


Figura 15:

Una soluzione per evitare questo problema è l'inserimento a bordo di un isolatore galvanico sulla terra della barca, subito dopo la presa CA in barca, o meglio ancora un trasformatore galvanico. Questo è costruito in modo da evitare qualsiasi continuità elettrica tra barca e banchina, ma lascia passare la corrente alternata. Questo trasformatore galvanico risolve anche quello della continuità galvanica tra barca e terra-banchina di cui abbiamo parlato prima.

Va segnalato che l'isolatore galvanico non blocca le correnti vaganti AC.

Il trasformatore galvanico è obbligatorio per le barche metalliche ma fortemente consigliabile per tutte le barche.

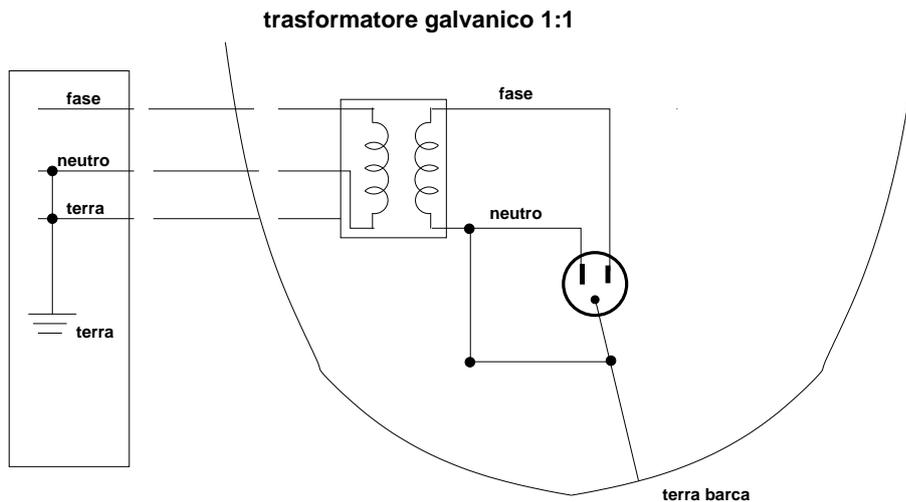


Figura 16:

### 3.3 Nessun collegamento tra le “terre”

Le norme ABYC americane chiedono espressamente il collegamento tra la linea di terra CA e la “terra” in barca, mentre le norme europee non lo richiedono. Sembra quindi più semplice non fare questo collegamento e evitare l’isolatore o il trasformatore galvanico, ma se le due terre sono isolate possono portarsi a tensioni diverse e un contatto tra di loro sarebbe pericoloso. Inoltre non è sicuro che un filo CA non trovi un contatto con un filo DC, se i collegamenti sono vecchi o complessi, in questo caso un cattivo contatto del filo caldo CA potrebbe causare situazioni molto pericolose.

L’approccio europeo è diverso, si preferisce tenere separate le due terre e proteggere le persone inserendo uno o più salvavita.

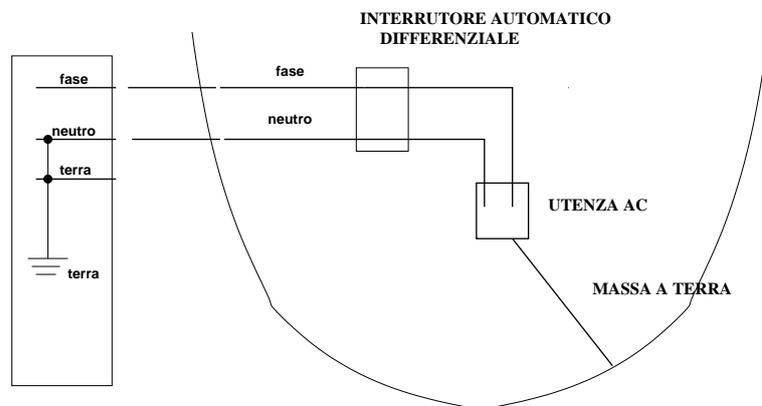


Figura 17:

## 4 Gli acciai

Ci sono un numero sterminato di acciai, qui daremo solo una indicazione di massima dal punto di vista della corrosione in barca.

Si dividono in due famiglie, gli acciai e le ghise, avendo quest’ultime un contenuto di carbonio superiore al 1,7%. Le caratteristiche dei metalli variano a seconda di come sono prodotti e dei contenuti degli altri metalli, qui basti dire che tutti gli acciai si corrodono, le ghise un po’ meno. La corrosione avviene per la nota ruggine, un ossido di ferro poco consistente, la cui formazione e relativo distacco per effetto della corrosione galvanica tra l’ossido e il ferro sottostante è la causa della distruzione dell’acciaio.

Senza ossigeno non si forma la ruggine e senza umidità non si stacca. Ecco perché pezzi di ferro trovati nel ghiaccio non sono corrosi: non erano in contatto con l’ossigeno. Similmente l’acciaio in ambienti secchi come il Sahara si arrugginisce ma molto lentamente, in quanto non c’è umidità.

Tutti gli acciai si corrodono in modo simile, per proteggerli ci sono in pratica due modi: la pittura e la galvanizzazione. La prima è efficace e economica, la seconda costosa ma molto efficace, infatti il ferro inizia a corrodersi solo quando tutto lo zinco del rivestimento si è consumato. L’acciaio zincato a caldo con forte spessore resiste bene in coperta e può sostituire bene gli accessori in inox. Il vantaggio dell’acciaio è che è duttile e non si rompe in modo secco come fanno gli acciai inox.

## 5 Gli acciai inox

Sono sostanzialmente leghe di ferro e cromo, quest'ultimo produce un forte patina di ossido, resistente e protettiva. Se però la patina di ossido viene incisa in quel punto inizia la corrosione galvanica.

Gli acciai inox più da usare in barca sono il 304 e il 316, molto meglio il secondo.

Gli acciai inossidabili sono amagnetici, quindi non sono attirati da una calamita per cui verificarne la natura è semplice. Gli inox 304 se lavorati a freddo possono presentare un leggero magnetismo.

L'acciaio inox si protegge bene in presenza di una buona ossigenazione, la cui mancanza impedisce la formazione dello strato di ossido che protegge l'acciaio.

Esistono in commercio acciai inox passivi, dove la patina di ossido è prodotta alla fonte e inox attivi dove la patina si forma solo naturalmente. I primi sono ovviamente preferibili in barca.

L'acciaio inox è abbastanza economico, resiste bene, ha ottime caratteristiche meccaniche e trova molti impieghi in barca.

## 6 Alluminio

Le leghe di alluminio da usarsi in barca sono solo quelle della serie 5000 e in particolare la 5052, 5083 e 5086. Tutte le altre serie si corrodono velocemente in ambiente marino.

L'alluminio si auto protegge con una patina di ossido, detta allumina, che è molto dura e fonde a temperatura più elevata dell'alluminio sottostante, da cui la difficoltà a saldare l'alluminio.

L'allumina è talmente dura che viene usata come abrasivo.

Poiché sta in basso nella serie galvanica tutti i metalli sono nobili rispetto l'alluminio e quindi lo corrodono.

In una barca di alluminio sono proibiti il rame e le sue leghe, ottone e bronzo.

Sono sempre indispensabili gli zinchi sacrificali.

Le lamiere di alluminio possono essere fissate con viti di acciaio inox in quanto la corrosione dell'alluminio è lenta sia per il rapporto favorevole delle superficie sia perché che entrambi sviluppano ossidi protettivi che rallentano il passaggio di corrente galvanica.

## 7 Il rame e le sue leghe

In passato lastre di rame sono state usate per proteggere gli scafi in legno dall'attacco delle teredini.

Inoltre il rame ha anche una funzione antivegetativa, tutt'oggi molte pitture antivegetative sono a base di rame.

L'ossido protegge efficacemente il metallo, assumendo una tipica coloritura bruna.

Il rame è stato usato sotto forma di chiodi per le barche in legno e trova oggi uso esteso nei cavi elettrici e nelle tubazioni.

Esistono innumerevoli leghe a base di rame, vengono generalmente suddivise in due grandi famiglie: leghe rame-zinco e leghe di rame senza zinco, rispettivamente conosciute come ottoni e bronzi

Il bronzo dell'età preistorica era una lega di rame e stagno, oggi non si usa più lo stagno ma altri metalli. Ottimo metallo, duro e resistente, poco soggetto a corrosione. Ci sono un numero grandissimo di tipi diversi di bronzi, alcuni cosiddetti bronzi però contengono zinco e andrebbero piuttosto chiamati ottoni.

Il bronzo trova ampio uso in barca: si trova per esempio nelle eliche, in alcuni alberi motore, nelle chiodature.

Gli ottoni sono leghe di rame con varie percentuali di zinco, tutte si dezinchificano per corrosione galvanica interna e sono proibiti in barca in quanto si distruggono rapidamente, salvo che per dettagli decorativi all'interno, .

## Parte II

# Prevenzione, protezione, controllo

Dalla regola dei tre moschettieri (*due metalli+contatto+acqua=corrosione*) possiamo dedurre che:

- *no metalli diversi= no corrosione*
- *no contatto = no corrosione*
- *no acqua= no corrosione*

Basta che una sola delle tre condizioni non sia soddisfatta e non si avrà corrosione.

Per cui le nostre strategie di prevenzione sono semplici:

- Evitare di usare metalli diversi o lontani nella serie galvanica,
- Tenere isolati i metalli diversi
- Tenere asciutto

## 8 La prevenzione

Non mettere mai in contatto metalli diversi lontani nella serie galvanica in zone bagnate o umide, una differenza maggiore di 200 mV produce corrosione.

Se dovete fissare una lastra di acciaio a una di alluminio, usate uno strato isolante e viti con boccole isolate.

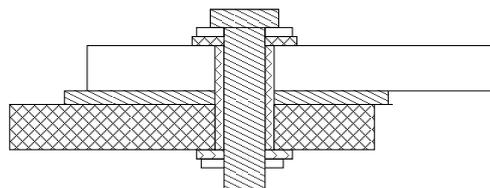


Figura 18:

Inoltre, come abbiamo già visto, non usare mai saldature o viti di metalli meno nobili del metallo che fissano.

Evitare ristagni di acqua all'interno della barca.

Un altro modo per evitare o almeno ridurre la corrosione galvanica è di pitturare i metalli, in particolare il ferro. L'alluminio si protegge bene da solo con il suo ossido.

## 9 Gli anodi sacrificali

Tenere isolati i metalli diversi è semplice a dirsi ma difficile a farsi e così pure è difficile evitare l'umidità in una barca.

Se accoppiamo dello zinco agli altri metalli, provochiamo appositamente una cella galvanica, questa volta si consuma lo zinco essendo molto basso nella scala galvanica, si dice che viene messo a sacrificarsi.

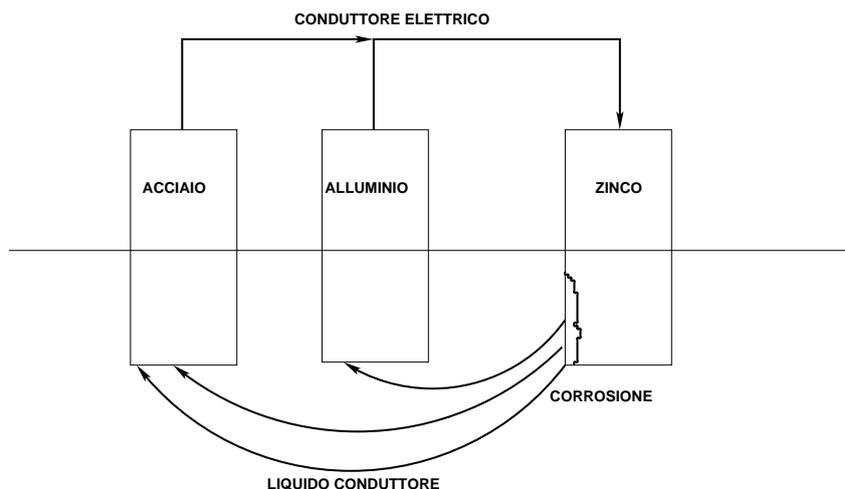


Figura 19:

Una buona soluzione è collegare tutti i metalli immersi a una serie di zinchi e sorvegliare gli zinchi di tanto in tanto. Quando gli zinchi si consumano (ovvero più del 50%) vanno cambiati, se si consumano troppo velocemente ne va ricercata la ragione.

In acqua dolce si usano anodi in magnesio, in barche metalliche senza alluminio si possono usare anodi in alluminio.

Molti installano uno zinco anulare sull'elica: è una pratica sconsigliata, se lo zinco si consuma in modo asimmetrico sbilancia l'elica e crea vibrazioni, inoltre si consuma maggiormente per l'attrito con l'acqua.

Meglio installare una spazzola sull'albero che lo colleghi al circuito di bonding (vedi avanti) e quindi agli zinchi.

Non vanno usati anodi sacrificali in magnesio in presenza di alluminio in quanto provocano la sovrapprotezione e la corrosione dell'alluminio.

## 10 La protezione con corrente indotta

È possibile ottenere la protezione dei metalli creando degli anodi che immettano corrente nell'elettrolita. La corrente in questo caso è fornita da un generatore di corrente e non da una coppia galvanica. L'effetto è lo stesso a quello prodotto dagli zinchi, gli anodi in questo caso sono di metalli molto nobili che non si consumano, come l'oro. È un sistema che consuma molta corrente e non è mai usato nelle barche da diporto, qui lo menzioniamo solo per completezza di informazione.

## 11 La protezione contro la corrosione elettrolitica

Abbiamo già visto che la corrosione elettrolitica è sempre dovuta a correnti vaganti.

Gli zinchi non offrono protezione contro la corrosione per correnti vaganti, mentre un impianto elettrico ben fatto è garanzia di assenza di correnti vaganti.

L'unica protezione quindi contro le correnti vaganti è un cablaggio elettrico fatto a opera d'arte, senza perdite, difetti, falsi contatti.

I collegamenti elettrici devono essere del tipo cosiddetto "con ritorno isolato", cioè i cavi di ritorno dall'utenza, i negativi, devono essere dello stesso diametro del positivo e ritornare direttamente al negativo.

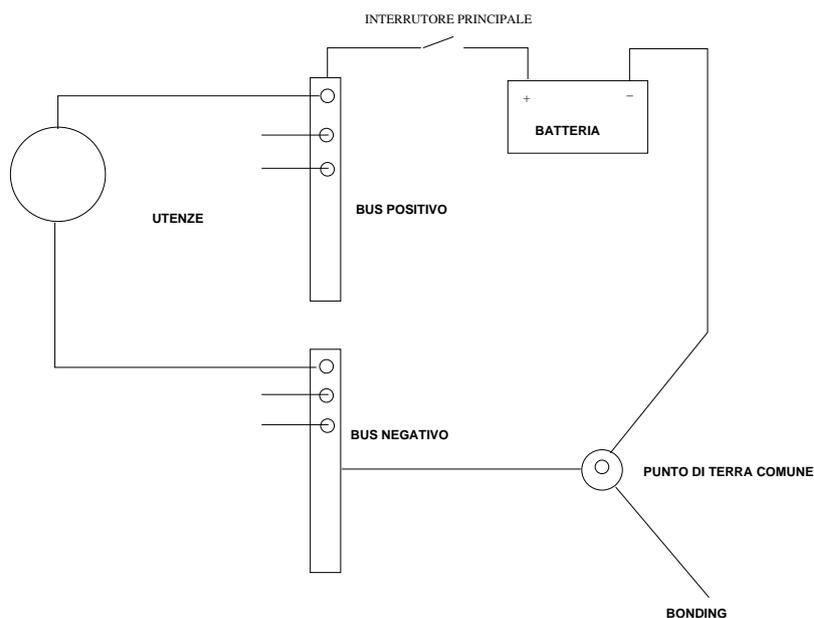


Figura 20:

Non va mai usata la massa del motore per il ritorno, come si fa nelle automobili e neppure il circuito di bonding deve essere usato come circuito di ritorno, il negativo va collegato a un unico Punto di Terra Comune al quale si collega l'eventuale circuito di bonding.

Il Punto di Terra Comune deve essere unico per evitare correnti tra vari punti di terra diversi e va collegato al mare, tramite chiglia o piastra di terra o lo scafo se in metallo.

### 11.1 Il bonding

Le norme ABYC americane prevedono che tutte le barche abbiano un collegamento di bonding, ovvero che tutte le masse metalliche immerse della barca siano collegate tra loro.

Così facendo sembra che contraddiciamo il consiglio di tenere separati metalli diversi e quindi facilitiamo le correnti galvaniche, ma se al circuito di bonding colleghiamo degli zinchi sacrificali che si corroderanno al posto degli altri metalli, otteniamo un buon sistema di protezione contro le corrosioni galvaniche.

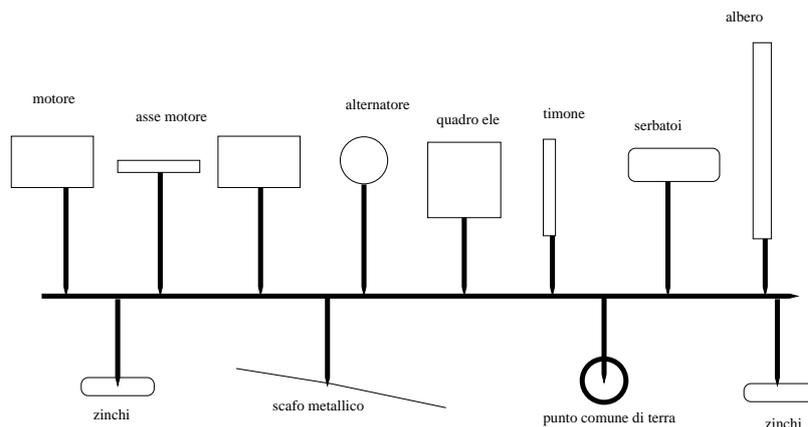


Figura 21:

TIPICO CIRCUITO DI BONDING

Per esempio il progettista della mia barca prevede di realizzare un circuito di bonding che colleghi scafo, motore, alternatore, asse motore, generatore, quadri elettrici, asse timone e timoneria, serbatoi, albero e attrezzatura, se non già connessi allo scafo. In particolare l'asse motore sarà dotato di spazzole di contatto per assicurare il collegamento al bonding.

Il circuito di bonding va poi collegato agli zinchi sacrificali e al Punto Comune di Terra della barca.

Lo scopo del circuito di bonding è in realtà duplice: collegare tutte le masse metalliche agli zinchi sacrificali e portare a terra eventuali sovratensioni che potessero apparire nelle parti metalliche. Lo stesso progettista indica che, per una barca in alluminio, la superficie totale degli zinchi deve essere superiore alla superficie dello scafo da proteggere diviso 250, quindi una quantità decisamente importante.

In Europa si è favorevoli al tutto isolato, senza bonding, e con zinchi locali al timone, chiglia e elica, soluzione accettabile per barche piccole in GPR e impianti elettrici molto semplici, ma sconsigliata per barche grandi e impianti elettrici complessi. Nelle barche con scafo in metallo andrebbe sempre previsto il bonding

## 12 Terra, bonding, massa, protezione fulmini, corrente alternata

Esiste molta confusione sulla "terra" della barca, il circuito di bonding e la massa.

La massa è un termine di derivazione automobilistica: il ritorno della corrente continua non viene portato al negativo della batteria con un suo cavo dedicato, ma viene collegato alla massa del motore (o della carrozzeria) la quale a sua volta è collegata al negativo della batteria. Si risparmiano così la metà dei cavi e il circuito diventa più semplice.

In alcune barche si fa ancora così, ma la soluzione è altamente sconsigliabile in quanto il ritorno a massa è probabile causa di correnti vaganti.

La corrente non ritorna attraverso un suo cavo dedicato ma vaga fino al morsetto della batteria, durante questo girovagare potrebbe uscire in mare o passare dalla sentina e causare guai.

Invece è altamente consigliabile il ritorno isolato, la corrente va e ritorna sempre isolata in cavo. In questo modo le correnti vaganti possono apparire solo a causa di difetti nella realizzazione dell'impianto.

Il bonding è semplicemente un collegamento elettrico tra tutte le masse metalliche immerse.

Seppur non obbligatorio, è consigliato a condizione che sia a sua volta collegato con gli zinchi

La "terra" della barca è il mare, le barche con scafo metallico sono naturalmente a "terra", per quelle con scafo in GRP si usa la chiglia o una apposita piastra.

Nella barca va previsto un Punto Comune di Terra al quale vanno collegati il negativo della batteria e il bonding per avere un potenziale comune.

Il punto Comune di Terra va poi messo a "terra", collegandolo in qualche modo con il mare: piastra di terra, chiglia, scafo se metallico.

### 12.1 Fulmini

Per evitare danni agli umani causati dai fulmini è bene mettere l'albero a "terra", similmente a quanto si fa a terra con i parafulmini.

Lo si collegherà al bonding se esiste, altrimenti alla chiglia,

(Comunque un fulmine, anche se si scaricasse felicemente in mare senza far danni alle persone, distruggerebbe sicuramente tutte le apparecchiature elettroniche a cause del forte campo elettromagnetico indotto).

## 12.2 La corrente alternata

È la causa più comune di corrosione e incidenti. Lo schema elettrico va pensato attentamente, l'impianto va realizzato con grande cura. Un difetto di esecuzione o di isolamento può essere mortale in barca o in acqua in prossimità.

Vi sono due scuole di pensiero, la statunitense regolamentata dalla norma ABYC, che vuole che la terra della banchina sia collegata con la terra della barca. Come abbiamo visto questa soluzione necessita l'installazione o di un isolatore galvanico o di un trasformatore galvanico.

L'altra scuola europea non richiede il collegamento tra le due terre, la protezione contro falsi contatti è data unicamente agli interruttori automatici differenziali (salva-vita), che quindi vanno installati dopo la presa AC della barca per ogni utenza o gruppo di utenze. Questa soluzione è semplice e economica ma dipende dal buon funzionamento dell'automatico, se è difettoso o non scatta con una perdita bassa, diventa un rischio.

In barca il neutro non va mai collegato con la terra. Unica eccezione il neutro del secondario del trasformatore galvanico, in quanto nuovo generatore di corrente isolata galvanicamente dalla linea di terra.

## 13 I test

### 13.1 Come verificare che non ci siano problemi di corrosione

Quando si scopre la corrosione potrebbe essere già tardi. Bisogna controllare che non ci siano potenziali problemi di corrosione quando la barca è nuova o l'avete appena comperata o la state per comperare, scoprirla troppo tardi può essere molto gravoso.

Una volta individuata in tempo la possibile causa della corrosione il rimedio può essere molto semplice e poco costoso,

I controlli sono essenzialmente tre:

- verificare che il bonding sia fatto bene (se esiste), altrimenti valutare attentamente l'opportunità di realizzarlo
- verificare che gli zinchi lavorino adeguatamente
- verificare che non ci siano correnti vaganti

#### 13.1.1 La verifica del bonding

Con la barca a secco, e con un buon ohmmetro misureremo la resistenza tra tutte le parti metalliche collegate ( o che dovrebbero esser collegate) al circuito di bonding.

La resistenza non deve mai superare 1 Ohm. Se così non fosse vanno accuratamente ispezionati il cavo e i collegamenti per trovare il problema e risolverlo. Spesso si tratta di contatti ossidati o fatti male.

Se la barca è in acqua la corrente emessa dagli zinchi rende impossibile la misura.

Dovremo allora fare una misurazione con la mezza cella Ag/AgCl come descritto più avanti.

#### 13.1.2 Misurazioni con la mezza cella Ag/AgCl

Scollegate la presa CA e le batterie, immergete la cella di riferimento Ag/AgCl in mare e misurare, una per una, tutte le parti metalliche immerse (passascafi, albero motore, timone, ecc.). Se sono collegate al circuito di bonding il voltaggio misurato deve essere *uguale per tutte le parti metalliche* e sarà una media che dipende dalle dimensioni e dalla natura di ciascun metallo.

Se una parte mostrasse un valore molto diverso dalle altre, vuol dire che il suo collegamento al bonding non è fatto bene.



Figura 22:

In una barca senza bonding si farà egualmente la misura del potenziale della parti metalliche con la mezza cella, annotandone accuratamente i valori, che in questo caso saranno diversi a seconda del metallo e dovranno essere vicini ai rispettivi valori della serie galvanica.

Se così non fosse vuol dire che ci sono dei problemi: se la tensione è superiore a quella della serie vuol dire che il metallo si sta corrodendo, se è inferiore il metallo è sovra protetto e si corroderà per alcalinità.

### 13.1.3 Controllo del lavoro degli zinchi

Se il bonding è fatto bene tutte le parti metalliche hanno la stessa tensione con la barca in acqua.

Per verificare se gli zinchi lavorano bene si può fare una misura della tensione del bonding con la barca in acqua senza zinchi, successivamente installiamo gli zinchi e rifacciamo le misurazioni della tensione, sempre con la barca in acqua. Se gli zinchi lavorano bene dovremo trovare una tensione inferiore di almeno 250-300 mV.

Se non è così gli zinchi non proteggono sufficientemente e ne va aumentata la superficie.

Una misurazione del bonding con la mezza cella Ag/AgCl di tanto in tanto ci dirà se gli zinchi lavorano ancora bene. Possiamo anche installare un misuratore fisso per sorvegliare lo stato degli zinchi, se la tensione sale proteggono meno.

### 13.1.4 Sovra-protezione

Non bisogna mai abbassare il potenziale dell'alluminio sotto -1,100 V altrimenti diventa alcalino, si corrode e sviluppa bolle di ossigeno, fenomeno noto come sovra-protezione, ciò è possibile solo con le protezioni con le correnti indotte in quanto gli zinchi riducono solo a un massimo di -1,050. Anche il legno umido è danneggiato dalla sovrapprotezione dei metalli con i quali è in contatto, la sua tensione non deve scendere sotto -0,550 V.

Tutti i metalli se sovrapprotetti possono subire aggressione chimica e le vernici tendono a dare bolle.

### 13.1.5 I controlli sull'impianto elettrico

Se un impianto elettrico ha più di venti anni molto probabilmente va sostituito completamente, i fili avranno perso isolamento e i morsetti saranno ossidati. Se invece è nuovo o verosimilmente nuovo dovremo fare delle verifiche.

La prima verifica da fare è che l'impianto sia del tipo a ritorno isolato. Se non lo fosse va valutato attentamente se non è il caso di rifarlo. Spesso questo non è facile perché per esempio l'alternatore potrebbe avere il suo ritorno a massa del motore, come avviene con le automobili.

Se esiste un collegamento in banchina, va controllato se esiste un trasformatore galvanico, o almeno un isolatore galvanico. Se non esiste è fortemente consigliabile installarne uno. Se la barca è metallica, l'installazione di un trasformatore galvanico è obbligatoria.

Se si è scelta la soluzione terra AC isolata, tutte le utenze AC vanno protette con interruttori automatici differenziali.

### 13.1.6 Controllo delle correnti vaganti

Prima della prova, se la barca è metallica, va verificato che non ci siano collegamenti metallici verso l'ormeggio (cavi metallici, catene, passerelle alluminio o in carbonio o roba simile) che possano mettere in contatto lo scafo con la terra vera della banchina.

Sappiamo che le correnti vaganti si formano solo se i collegamenti elettrici sono difettosi.

Potremo verificare il circuito ancora con la mezza cella Ag/AgCl e un millivoltmetro, misurando la tensione del bonding con la batteria attaccata e chiudendo gli interruttori uno alla volta. Se la lettura cambia c'è un problema nel circuito testé chiuso.

Per finire attaccate la presa di banchina: le letture non devono cambiare, se così non fosse vuol dire che non c'è isolamento galvanico tra la terra della banchina e quello della barca.

Poi inseriremo uno alla volta le utenze CA: se la lettura cambia ci sono problemi nel circuito testé chiuso.

È consigliabile anche misurare con un amperometro se passa corrente tra la presa di terra della barca e quella in banchina (con la presa ovviamente staccata): se troviamo corrente c'è un problema di isolamento nel circuito di terra: stiamo proteggendo con i nostri zinchi la banchina e le altre barche!

## Parte III

# Falsi miti

Leggendo vari articoli o capitoli sulla corrosione nelle barche, si trovano espresse alcune affermazioni che sono false o imprecise.

### **Gli zinchi servono a impedire la corrosione dovuta alle correnti vaganti.**

Falso. Basta riflettere bene a come si forma la corrosione con correnti vaganti per capire che la presenza di uno zinco è inutile.

La corrosione infatti avviene lì dove il metallo disperde corrente in mare (o in sentina), indipendentemente dalla natura del metallo che riceve la corrente. Uno scafo in acciaio percorso da correnti vaganti si corrode dove lo scafo è in contatto con il mare anche se vi sono installati degli zinchi, i quali, è bene ricordarlo, servono solo per proteggere i metalli dalla corrosione galvanica.

### **La corrosione per ossidazione è diversa dalla corrosione galvanica**

La corrosione non è dovuta all'ossidazione, anzi in alcuni metalli l'ossido protegge il metallo sottostante. La corrosione causata dalla ruggine del ferro è ancora una corrosione galvanica, la ruggine in presenza di elettrolita (anche umidità atmosferica che condensa), forma una coppia che fa staccare la ruggine, l'ossidazione ricomincia e il ferro si distrugge. Il ferro arrugginito in climi caldi asciutti non si corrode.

I metalli con ossidi ben ancorati al metallo (alluminio, rame, oro) si corrodono solo se lo strato di ossido è interrotto e localmente si forma la coppia galvanica.

### **La corrosione galvanica avviene solo se i due metalli sono immersi in acqua**

Falso. Bastano gli spruzzi delle onde o un ambiente umido e salino, si formano anche poche gocce e la cella galvanica si attiva e la corrosione inizia per poi fermarsi quando resta asciutta. La coppia si può formare anche tra due metalli non immersi in mare ma bagnati dall'acqua di sentina.

### **Se i metalli sono immersi in acqua dolce non c'è corrosione**

Falso, l'acqua dolce dei laghi e dei fiumi non è un buon elettrolita come l'acqua di mare, ma contiene comunque sali e è conduttore di elettricità, quindi anche in questo caso la cella si forma. Diverso il caso dell'acqua demineralizzata che non è un elettrolita.

## **Il circuito di bonding è inutile nelle barche in vetroresina**

Non è indispensabile, ma è consigliabile nelle barche di grandi dimensioni o con equipaggiamenti elettrici complessi. Comunque il circuito di bonding ha come fine anche la protezione contro le sovratensioni e i fulmini, la protezione galvanica è un bonus supplementare. Il sistema del tutto isolato è apparentemente più semplice ma ci sono dei sottili problemi che sono difficili da evitare.

## **La corrente alternata non provoca corrosione**

In teoria noi, la corrosione galvanica o elettrochimica è provocata dalle correnti continue, ma poiché non è detto che gli ioni prodotti durante un ciclo siano riassorbiti dal ciclo successivo con corrente invertita, troviamo corrosione.

## **La terra del circuito AC va tenuto isolato dalla terra della barca**

È una soluzione non ammessa dalla norme ABYC, inoltre la protezione ai fulmini richiede che siano collegate e equipotenziali.

All'opposto le norme europee ammettono di non portare la terra AC in barca e di utilizzare i salvavita sulle utenze AC.

## **Il neutro va messo a terra**

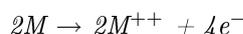
Il neutro della corrente alternata è messo a terra dalla società erogatrice della corrente e non va collegato alla "terra" della barca.

Se si installa un trasformatore galvanico, che diventa un nuovo generatore di corrente, il neutro del secondario va collegato alla terra della barca.

# Appendice

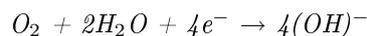
Per chi volesse capire bene cosa succede nella cella voltaica:

All'anodo abbiamo la seguente reazione



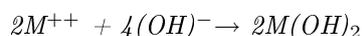
Ovvero il metallo si scompone in ioni metallici e elettroni, questi ultimi vanno verso il catodo via il collegamento elettrico

Al catodo troviamo:



Ovvero l'ossigeno disciolto in acqua e l'acqua stessa si combinano grazie agli elettroni in arrivo dall'anodo e producono ione idrossido, che spiega come attorno al catodo si trovi un ambiente basico. Va notato come il metallo del catodo NON partecipa alla reazione chimica!

Nell'elettrolita abbiamo:



Ovvero si formano sali del metallo che o precipitano o restano in soluzione o restano sull'anodo, ricoprendolo di sali. Nel caso l'anodo fosse di zinco avremo formazione di idrossido di zinco.

*Copyright 2009 Giulio Mazzolini*