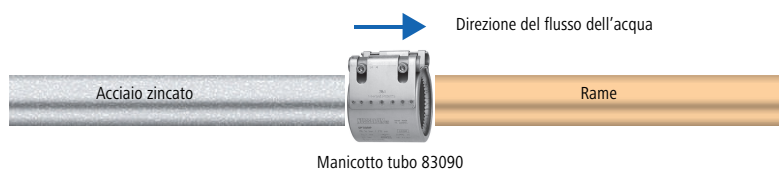
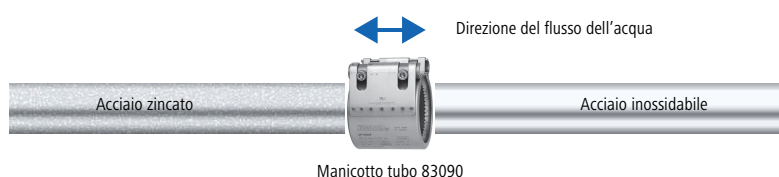
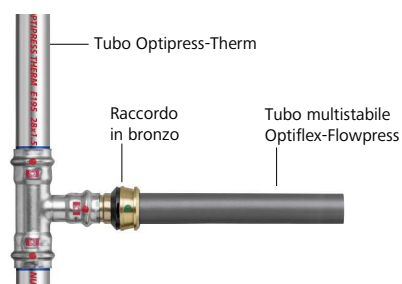
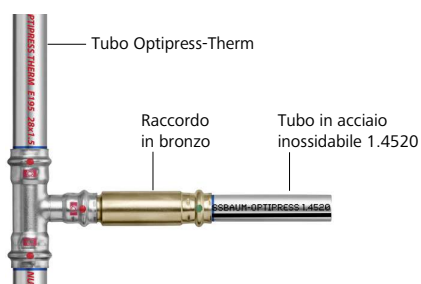
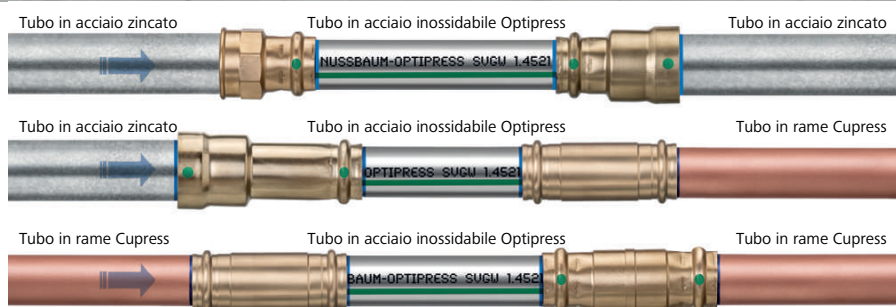


Corrosione

valido da: 07 agosto 2025



NUSSBAUM_{RN}

Gut installiert Bien installé Ben installato

Tematiche

Indice

1	Introduzione.....	5
2	Fondamenti della corrosione.....	6
2.1	Formazione del potenziale	6
2.2	Misurazione del potenziale	7
2.3	Equazione di Nernst	8
2.4	Serie di tensioni elettrochimiche	9
2.5	Elementi galvanici	10
2.6	Corrente di corrosione e regola delle aree	11
2.7	Categorie di corrosione atmosferica.....	12
3	Tipi di corrosione.....	13
3.1	Corrosione ad alta temperatura	13
3.2	Corrosione da ossigeno	14
3.2.1	Immagine del danno	14
3.3	Corrosione da idrogeno.....	15
3.3.1	Immagine del danno	15
3.4	Corrosione bimetallica	16
3.4.1	Immagini del danno	16
3.4.2	Evitare la corrosione bimetallica	17
3.5	Corrosione superficiale.....	18
3.5.1	Immagine del danno	18
3.6	Corrosione per vaiolatura.....	19
3.6.1	Corrosione per vaiolatura in acciai inossidabili (indice PRE)	19
3.6.2	Immagine del danno	20
3.6.3	Evitare la corrosione per vaiolatura.....	20
3.7	Tensocorrosione	21
3.7.1	Immagini del danno	22
3.8	Corrosione indotta dal flusso	22
3.8.1	Corrosione da erosione.....	22
3.8.2	Corrosione per cavitazione	25
3.9	Corrosione selettiva.....	28
3.9.1	Dezincificazione.....	28
3.9.2	Diagramma di Turner	28
3.9.3	Immagine del danno	29
3.10	Corrosione intercristallina	29
3.10.1	Immagine del danno	30
3.11	Corrosione per correnti esterne.....	31
3.11.1	Evitare la corrosione per correnti esterne.....	32

3.12	Biocorrosione (MIC).....	35
3.12.1	Forme	35
3.12.2	Biocorrosione in impianti sprinkler.....	35
3.12.3	Immagini del danno	36
4	Depositi di calcare nei fitting in ottone	37
4.1	Immagine del danno	37
4.2	Evitare i depositi di calcare	38
4.2.1	Separazione elettrica delle tubazioni.....	39
5	Carbonato di rame	40
6	Invecchiamento dei materiali sintetici.....	41
6.1	Comportamento a scorrimento di tubi in materiale sintetico	41
6.2	Immagini del danno	42
7	Luoghi di comparsa della corrosione	43
7.1	Corrosione esterna	43
7.1.1	Strutture di soffitti e pareti.....	43
7.1.2	Isolamenti termici.....	44
7.2	Corrosione interna.....	44
7.2.1	Corrosione in tubi di riscaldamento	44
8	Protezione contro la corrosione	45
8.1	Protezione attiva contro la corrosione	45
8.1.1	Trattamento dell'acqua potabile	45
8.1.2	Mantenere puliti gli impianti di acqua potabile	45
8.1.3	Protezione catodica contro la corrosione	46
8.1.4	Anodo protettivo	47
8.1.5	Anodo a corrente esterna.....	47
8.2	Protezione passiva contro la corrosione.....	48
8.2.1	Acciai inossidabili.....	48
8.2.2	Rivestimenti protettivi	49
8.3	Protezione strutturale contro la corrosione	50
8.3.1	Selezione dei materiali	50
8.3.2	Installazioni miste	51
9	Materiali.....	56
9.1	Metalli.....	56
9.1.1	Acciaio al carbonio	56
9.1.2	Acciaio inossidabile.....	56
9.1.3	Leghe di rame (bronzo e ottone)	57
9.2	Materiali sintetici	59
9.3	Elastomeri	60
9.4	Materiali cellulari	60

9.5	Materiali compositi	61
9.6	Ceramiche tecniche	61
	Glossario	62
	Indice delle fonti	64

1 Introduzione

La resistenza alla corrosione di un impianto di acqua potabile influisce in modo significativo sul suo funzionamento affidabile e sulla sua durata di vita. Le misure idonee per la protezione contro la corrosione dipendono dalla situazione costruttiva e dalle sue caratteristiche:

- Materiali e medi (prodotti)
- Condizioni ambientali (temperatura, umidità)
- Fenomeni elettrici (correnti esterne)
- Comportamento di utilizzo

Il presente documento è destinato alla formazione e alla relativa informazione in caso di imprevisti. Illustra aspetti importanti relativi alla corrosione sulla base della norma DIN EN 8044 e descrive i processi di corrosione e invecchiamento rilevanti per gli impianti idrosanitari. Inoltre vengono illustrate misure specifiche di protezione contro la corrosione e possibilità di scelta dei materiali.

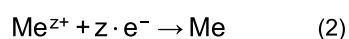
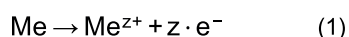
2 Fondamenti della corrosione

2.1 Formazione del potenziale

Il potenziale è una caratteristica dei metalli come la durezza o la conducibilità elettrica e va sempre inteso in relazione alla soluzione acquosa in cui si trova il metallo.

Quando un metallo viene immerso in una soluzione acquosa, tra il metallo e la soluzione acquosa prevalgono stati termodinamici di disequilibrio, dovuti tra l'altro alle diverse concentrazioni di sostanze nelle due fasi. Questi stati di disequilibrio danno luogo a interazioni caratterizzate da movimenti di ioni ed elettroni. Gli ioni passano dal metallo alla soluzione acquosa e dalla soluzione acquosa al metallo. Questi movimenti di transizione sono reazioni elettrochimiche e avvengono fino al raggiungimento dello stato di equilibrio termodinamico. Poiché gli ioni sono portatori di carica elettrica, nel processo si verificano variazioni di potenziale. Di conseguenza, gli ioni ovvero il loro numero e la loro carica elettrica determinano il potenziale di un metallo.

Le due reazioni possono essere rappresentate con le seguenti formule di reazione:



Simboli delle formule	Unità	Descrizione
Me	—	Metallo allo stato atomico
Me ^{z+}		Ione metallico z-valente (unità di carica positiva)
z		Numero di elettroni
e ⁻		Elettrone (unità di carica negativa)

La formula di reazione (1) descrive la dissoluzione del metallo. Gli ioni si spostano dal metallo alla soluzione acquosa. Questo processo è denominato anche «pressione della soluzione». Altre denominazioni sono «processo anodico» o «reazione anodica».

La formula di reazione (2) descrive la deposizione del metallo. Gli ioni si spostano dalla soluzione acquosa al metallo. Questo processo è denominato anche «pressione osmotica». Altre denominazioni sono «processo catodico» o «reazione catodica».

Le due reazioni avvengono contemporaneamente quando un metallo viene immerso, tuttavia perlopiù a velocità diverse. Se la reazione (1) avviene più velocemente rispetto alla reazione (2), il metallo viene caricato negativamente a causa dell'accumulo di elettroni all'inizio delle reazioni. I metalli che reagiscono in questo modo sono denominati «metalli **comuni**». Nel caso opposto, il metallo viene caricato positivamente a causa della maggiore velocità di deposizione. Questi metalli sono denominati «metalli **nobili**».

In corrispondenza degli strati del confine di fase metallo/soluzione si crea una differenza di potenziale equiparabile alla differenza di potenziale tra le piastre di un condensatore. Questa tensione elettrica è denominata «tensione galvanica» e non può essere misurata.

2.2 Misurazione del potenziale

Il potenziale di un metallo può essere misurato solo rispetto al potenziale di un secondo metallo, ovvero si misura la differenza tra le due tensioni galvaniche. Questa differenza di tensione è denominata «potenziale elettrodico»*.

L'immagine seguente mostra il dispositivo di misurazione per quantificare il potenziale elettrodico tra l'elettrodo di prova e un elettrodo di riferimento. Se le tensioni galvaniche dell'elettrodo di prova e dell'elettrodo di riferimento sono diverse, lo strumento di misurazione della tensione visualizza una tensione.

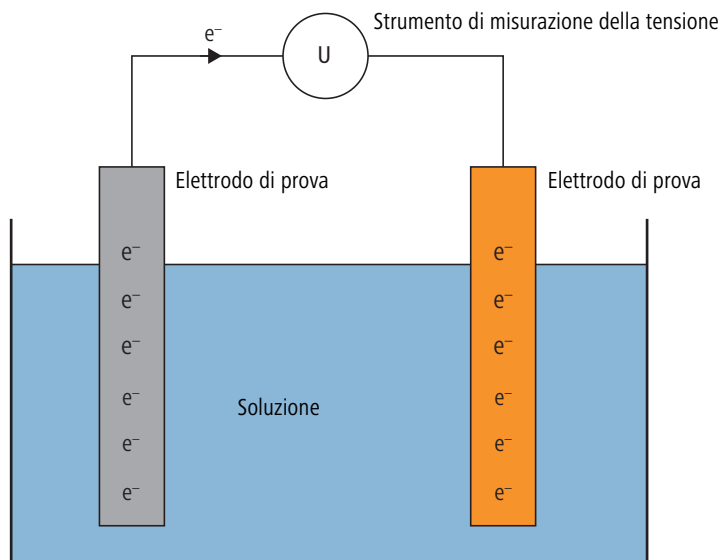


Fig. 1: Principio di misurazione per potenziali elettrodici.

Per misurare i potenziali elettrodici di diversi metalli a scopo di confronto è necessario conoscere la tensione galvanica di ciascun metallo. Tuttavia, la tensione galvanica non può essere né misurata né calcolata. Il potenziale elettrodico dell'idrogeno con il valore liberamente scelto di 0 volt è stato definito come potenziale standard (o potenziale normale), con una temperatura della soluzione di 25 °C e una concentrazione della soluzione di 1 mol/litro. Utilizzando il potenziale standard così definito è possibile confrontare tra loro metalli diversi.

Per motivi pratici, come elettrodo di riferimento non viene scelto l'idrogeno ma un altro elettrodo, ad esempio l'elettrodo di calomelano che ha un potenziale elettrodico di 0.25 volt rispetto al potenziale standard dell'idrogeno.

* In realtà, il termine «potenziale elettrodico» non è corretto poiché si tratta di una differenza di potenziale, quindi di una tensione.

2.3 Equazione di Nernst

Per confrontare il potenziale elettrodico di metalli diversi, oltre all'elettrodo di riferimento va presa in considerazione anche la soluzione acquosa (elettrolita). Già solo semplici esperimenti dimostrano che un metallo reagisce in modo diverso in soluzioni con la stessa composizione chimica ma con diverse concentrazioni di sostanze.

La relazione tra il potenziale elettrodico di un metallo e la concentrazione degli ioni che formano il potenziale è espressa dall'equazione di Nernst:

$$U_{H,Me} = U_{H,Me,N} + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{c_{Ox}}{c_{Red}}$$

Simboli della formula	Unità	Descrizione
$U_{H,Me}$	V	Potenziale elettrodico del metallo Me
$U_{H,Me,N}$	V	Potenziale normale del metallo Me rispetto all'elettrodo normale a idrogeno
R	J/(mol·K)	Costante dei gas 8.31447
z	—	Numero di elettroni
F	J/(V·mol)	Costante di Faraday 96485
c_{Ox}	mol/l	Concentrazione dell'agente ossidante
c_{Red}	mol/l	Concentrazione dell'agente riducente

L'equazione mostra che il potenziale elettrodico aumenta quando:

- La concentrazione dell'agente ossidante nella soluzione viene aumentata.
- La temperatura della soluzione viene aumentata.

L'acido cloridrico (HCl) può essere utilizzato come esempio di soluzione. Un acido cloridrico altamente concentrato contiene una maggiore concentrazione dell'agente ossidante H_2 . Il potenziale elettrodico del metallo immerso nell'acido cloridrico aumenta e, con esso, anche la sua reazione. Lo stesso avviene anche quando la temperatura dell'acido cloridrico viene aumentata.

La seguente equazione rappresenta la forma semplificata dell'equazione di Nernst. Si applica unicamente con una temperatura della soluzione di 25 °C e per soluzioni diluite che spesso si verificano nella corrosione:

$$U_{H,Me} = U_{H,Me,N} + \frac{0.0591}{z} \cdot \log c_{Me}$$

Simboli della formula	Unità	Descrizione
$U_{H,Me}$	V	Potenziale elettrodico del metallo Me
$U_{H,Me,N}$	V	Potenziale normale del metallo Me rispetto all'elettrodo normale a idrogeno
z	—	Numero di elettroni
c_{Me}	mol/l	Concentrazione degli ioni di metallo (logaritmo decadico)

Se nell'equazione di Nernst semplificata si utilizza la concentrazione della sostanza c_{Me} di 1 mol/l, la parte logaritmica dell'equazione è nulla ($\log 1 = 0$). Si ottiene la seguente equazione:

$$U_{H,Me} = U_{H,Me,N}$$

L'equazione indica che il potenziale elettrodico di un metallo è uguale al suo potenziale normale quando il metallo è immerso in una soluzione con una concentrazione dei suoi ioni di metallo di 1 mol/l. L'equazione definisce il potenziale normale e costituisce quindi una base per creare serie di tensioni elettrochimiche.

2.4 Serie di tensioni elettrochimiche

Le serie di tensioni elettrochimiche vengono utilizzate per confrontare i potenziali dei metalli. In molte serie elettrochimiche, il potenziale normale viene utilizzato come grandezza di paragone e l'elettrodo normale a idrogeno come elettrodo di riferimento. Effettuando misurazioni si possono tuttavia creare anche altre serie di tensioni elettrochimiche.

Il seguente grafico mostra i potenziali normali di alcuni elementi rispetto all'elettrodo normale a idrogeno.

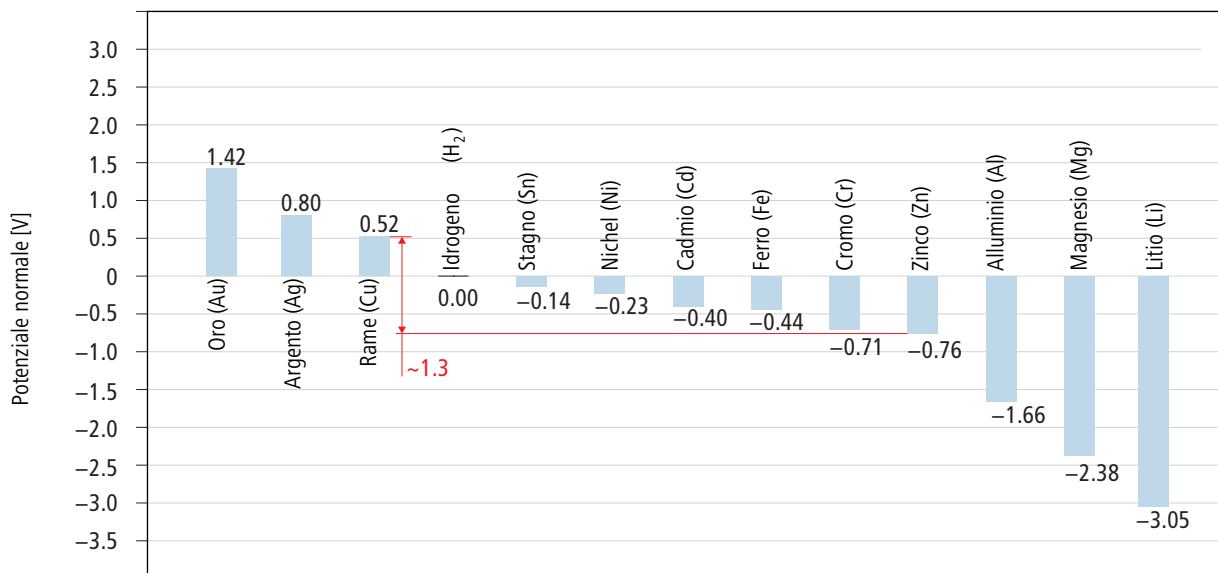


Fig. 2: Serie di tensioni elettrochimiche (secondo il libro di testo sulla corrosione dei metalli «Lehrbuch der Metallkorrosion» di K. Müller).

Per determinare la differenza di potenziale di due materiali che insieme formano un elemento galvanico si calcola la differenza dei loro potenziali, ad esempio la differenza di potenziale tra un elettrodo di rame e uno di zinco è di circa 1.3 volt secondo il grafico sopra riportato.

La tabella seguente mostra i potenziali di alcuni materiali utilizzati spesso nella tecnica di installazione, dove i potenziali dei metalli nell'acqua potabile sono stati misurati rispetto a un elettrodo di solfato di rame.

Materiale	Potenziale E* [V]
Rame	-0.10
Acciaio inossidabile	-0.10
Bronzo e bronzo al silicio	-0.20
Ottone	-0.35
Ferro	-0.55**/-0.75***
Acciaio zincato	-0.75
* In acqua potabile rispetto a un elettrodo di solfato di rame	
** Acqua potabile con ventilazione	
*** Acqua potabile stagnante	

Tabella 1: Serie di tensioni elettrochimiche (secondo Promemoria suisselec W10018)

2.5 Elementi galvanici

Una differenza di potenziale può essere misurata tra due elettrodi con potenziali diversi, immersi in un elettrolita. Questa tensione provoca una corrente elettrica all'interno di un circuito elettrico chiuso. Una disposizione di questo tipo è denominata «elemento galvanico», «cella galvanica» o in breve «elemento».

Nella storia dell'elettrochimica, l'elemento Daniell è importante perché costituisce anche la base storica dell'attuale definizione dell'unità di misura della tensione elettrica. L'elemento Daniell è costituito da un elettrodo di rame e da un elettrodo di zinco. L'elettrodo di rame è immerso in una soluzione di solfato di rame, l'elettrodo di zinco in una soluzione di solfato di zinco. Entrambe le soluzioni si trovano in contenitori separati in modo che non si mescolino. Il ponte salino consente il passaggio degli ioni e quindi il flusso di corrente elettrica.

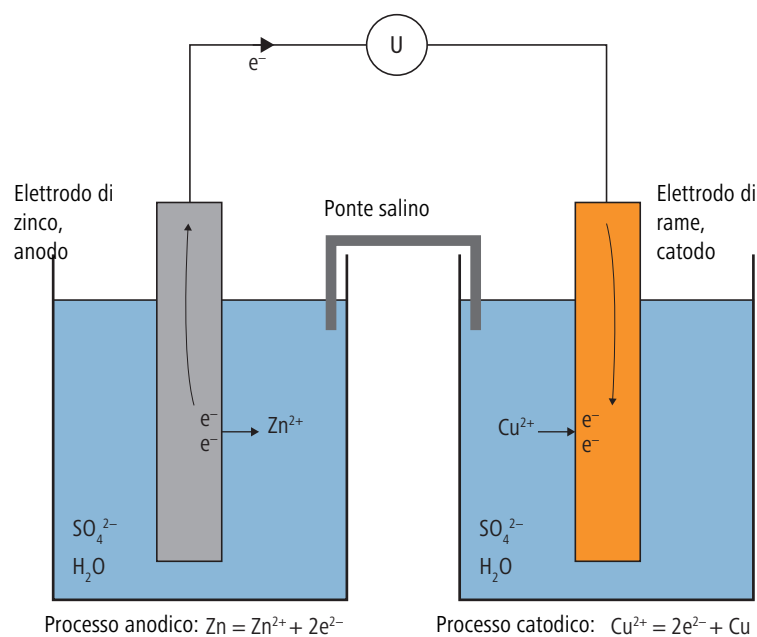


Fig. 3: L'elemento Daniell come esempio di elemento galvanico.

Lo zinco si dissolve sull'elettrodo di zinco. In questo modo si liberano elettroni che fluiscono come corrente elettrica verso l'elettrodo di rame dove il rame si deposita. La corrente fluisce fino alla completa dissoluzione dell'elettrodo di zinco.

Calcolando il potenziale dell'elemento Daniell attraverso l'equazione di Nernst si ottiene un valore di 1.1 volt.

2.6 Corrente di corrosione e regola delle aree

La corrente di corrosione è determinata dalla differenza di potenziale elettrochimico e da altri fattori d'influenza:

- Composizione e caratteristiche dell'elettrolita, ad esempio conducibilità, valore di pH, contenuto di ossigeno, tenore di sale e temperatura
- Condizioni ambientali quali umidità dell'aria, sostanze aggressive e corrosive presenti nell'aria
- Eventuali strati o rivestimenti passivi presenti

La densità della corrente di corrosione determina la velocità di corrosione. Una densità elevata della corrente di corrosione provoca una corrosione più rapida del metallo comune. Minore è l'area del metallo comune rispetto a quella del metallo nobile, tanto maggiore sarà la densità della corrente di corrosione. Ciò è espresso dalla seguente formula:

$$I_{Me} = -I_{Ox} \cdot \frac{A_K}{A_A}$$

Simboli della formula	Unità	Descrizione
I_{Me}	[A]	Corrente anodica
I_{Ox}	[A]	Corrente catodica
A_K	[m ²]	Superficie catodica
A_A	[m ²]	Superficie anodica

La velocità di corrosione è proporzionale alla corrente anodica, ovvero maggiore è la corrente anodica, maggiore sarà la velocità di corrosione. Il segno meno nella formula è dovuto al fatto che la corrente anodica e la corrente catodica sono di uguale entità e scorrono in direzioni opposte rispetto a un nodo del circuito elettrico (la somma delle correnti parziali in un circuito elettrico chiuso è pari a zero).

L'immagine seguente mostra una rappresentazione schematica della regola delle aree:

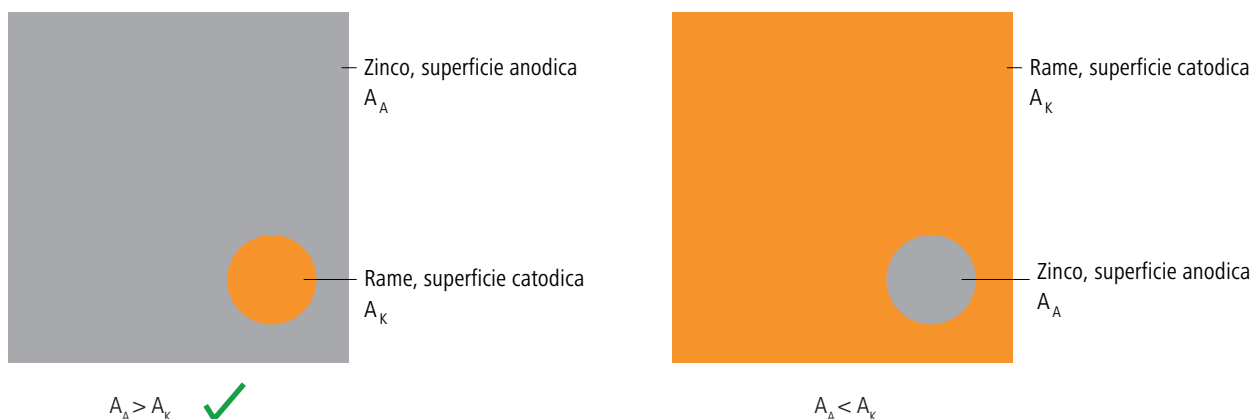


Fig. 4: Rappresentazione schematica della regola delle aree. Immagine a sinistra: rapporto vantaggioso tra le aree, con una piccola area catodica e una grande area anodica – e densità della corrente di corrosione conseguentemente inferiori. Immagine a destra: rapporto invertito tra le aree, con un'area anodica relativamente piccola che determina densità della corrente di corrosione più elevate.

2.7 Categorie di corrosione atmosferica

La corrosione atmosferica indica la corrosione di materiali determinata dall'atmosfera terrestre come medio corrosivo a temperatura ambiente. Secondo la norma EN ISO 12944-2, gli ambienti atmosferici sono suddivisi in categorie di corrosività atmosferica.

Categoria di corrosività	Esempi di ambienti tipici (solo a titolo informativo)	
	Aria aperta	Ambiente interno
C1 irrilevante	—	Edifici riscaldati con atmosfera neutra, ad esempio uffici, locali di vendita, scuole, hotel
C2 bassa	Atmosfera a basso grado di contaminazione: principalmente aree rurali	Edifici non riscaldati con possibilità di formazione di condensa, ad esempio magazzini, palestre
C3 media	Atmosfera urbana e industriale con scarso inquinamento da anidride solforosa: atmosfera costiera con basso livello di salinità	Luoghi di produzione con elevata umidità dell'aria e moderato inquinamento dell'aria, ad es. impianti di lavorazione degli alimenti, lavanderie, birrifici, caseifici
C4 alta	Atmosfera industriale e costiera con livello moderato di salinità	Impianti chimici, piscine, cantieri navali vicini alla costa e porti turistici

Tabella 2: Categorie di corrosività secondo la norma EN ISO 12944-2: 2017

La tabella seguente contiene un elenco dei materiali e dei rivestimenti utilizzati spesso nella tecnica idrosanitaria e la loro resistenza nelle varie atmosfere secondo le categorie di corrosività a norma EN ISO 12944-2:2017.

Categoria di corrosività	Materiali e rivestimenti		
	Acciaio zincato	Acciaio inossidabile	Materiali sintetici
C1 irrilevante	✓	✓	✓
C2 bassa	Sono necessarie misure di protezione supplementari, ad esempio rivestimento in materiale sintetico o guaina di protezione	✓	✓
C3 media	Sono necessarie misure di protezione supplementari, ad esempio rivestimento in materiale sintetico o guaina di protezione	✓	✓
C4 alta	Sono necessarie misure di protezione supplementari, ad esempio rivestimento in materiale sintetico o guaina di protezione	Sono necessarie misure di protezione supplementari, ad esempio rivestimento in materiale sintetico o guaina di protezione	✓

Tabella 3: Resistenza dei materiali per tubi nelle varie atmosfere secondo la norma EN ISO 12944-2:2017

3 Tipi di corrosione

In tutti i processi di corrosione elettrolitica, il processo anodico è sempre una dissoluzione del metallo (ossidazione). Il processo catodico (riduzione) può invece essere causato da svariate reazioni. Il tipo di corrosione viene spesso denominato in funzione dell'agente riducente o dell'agente ossidante.

3.1 Corrosione ad alta temperatura

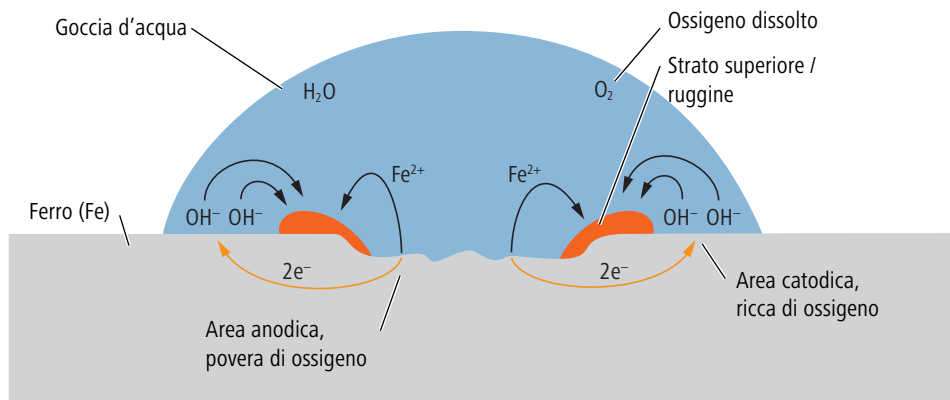
La corrosione ad alta temperatura dei metalli avviene in combinazione con gas secchi, senza il coinvolgimento di un elettrolita. Le corrispondenti reazioni di ossidazione e riduzione avvengono a temperature di ca. 400 °C e oltre.

Nell'ossidazione dei metalli con gas quali l'ossigeno, sulle superfici metalliche si formano strati di ossido metallico più o meno stabili. Un esempio di corrosione ad alta temperatura è l'incrostazione delle superfici metalliche durante la lavorazione dei metalli.

Poiché tutti i casi di corrosione sono dovuti a cause elettrochimiche, la corrosione ad alta temperatura non viene ulteriormente descritta nel presente documento.

3.2 Corrosione da ossigeno

La corrosione da ossigeno è il tipo di corrosione più frequente a causa della presenza di ossigeno nell'aria e dei suoi valori di potenziale sempre fortemente positivi. Nella corrosione da ossigeno, il processo catodico consiste nella riduzione dell'ossigeno a ioni di ossigeno. La corrosione da ossigeno si verifica già a diverse concentrazioni di elettroliti che formano un elemento di concentrazione, ad esempio in una goccia d'acqua su una superficie di ferro.



Processo anodico: $2\text{Fe} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + 4 \cdot e^-$

Processo catodico: $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4 \cdot e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

Formazione dello strato superiore: $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$

Formazione della ruggine: $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$

Fig. 5: Corrosione da ossigeno sul ferro sotto una goccia d'acqua.

Il processo catodico si svolge quindi nella zona periferica della goccia d'acqua dove la concentrazione di ossigeno è più elevata. Nella zona centrale avviene la dissoluzione del metallo (processo anodico) che innesca ulteriori reazioni e porta infine alla formazione della ruggine.

La corrosione da ossigeno si verifica soprattutto in elettroliti neutri o alcalini con valore di $\text{pH} > 7$. Negli elettroliti acidi ($\text{pH} < 7$), la corrosione da ossigeno è sostituita dalla corrosione da idrogeno a causa della predominanza di quest'ultimo nell'elettrolita. Tutti i metalli il cui potenziale è inferiore a quello dell'ossigeno possono essere attaccati dalla corrosione da ossigeno.

3.2.1 Immagine del danno

La seguente immagine del danno mostra la corrosione da ossigeno su un tubo in acciaio.



Fig. 6: Immagine del danno dovuto a corrosione da ossigeno all'interno di un tubo in acciaio.

3.3 Corrosione da idrogeno

La corrosione da idrogeno avviene in soluzioni fortemente acide, anche in completa assenza di ossigeno. Tali soluzioni hanno bassi valori di pH e presentano elevate concentrazioni di idrogeno.

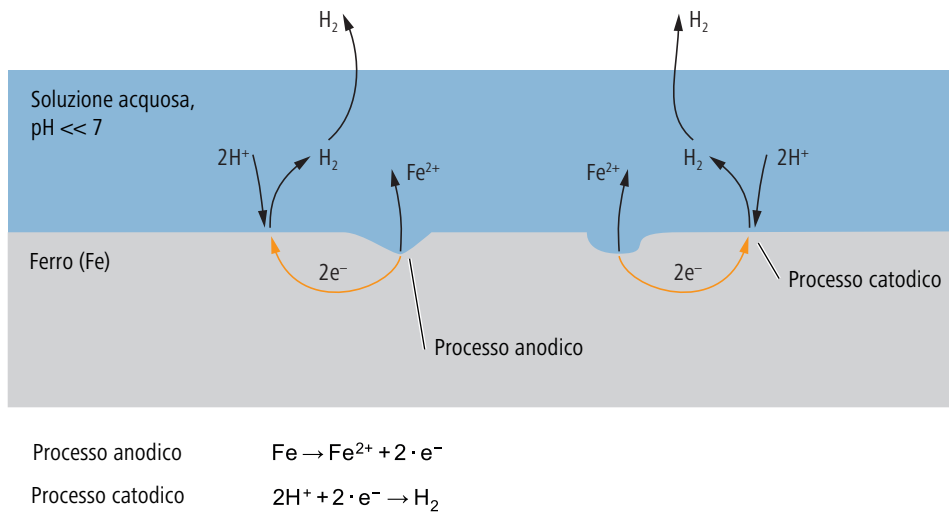


Fig. 7: Corrosione da idrogeno su ferro in una soluzione acquosa fortemente acida.

Nella corrosione da idrogeno, il processo catodico consiste nella riduzione degli ioni di idrogeno H^+ in idrogeno gassoso H_2 . Il processo anodico consiste, come in tutti i tipi di corrosione, nella dissoluzione del metallo attraverso il rilascio di elettroni dal reticolo metallico e nella formazione di ioni metallici. I processi anodici e catodici avvengono sull'intera superficie metallica in punti e momenti diversi. Nella corrosione da idrogeno non è possibile individuare l'anodo e il catodo.

I metalli comuni immersi in soluzioni acquose fortemente acide sono esposti alla corrosione sia da idrogeno sia da ossigeno, mentre i metalli nobili subiscono la corrosione da idrogeno solo in soluzioni acquose con bassi valori di pH. Ciò conferma l'esperienza che gli acidi hanno un effetto più aggressivo rispetto a quello degli alcali.

3.3.1 Immagine del danno

La seguente immagine del danno mostra una corrosione da idrogeno avanzata su un tubo in acciaio causata dall'acido solforico.



Fig. 8: Immagine del danno dovuto a corrosione da idrogeno su un tubo di acciaio causata da acido solforico.

3.4 Corrosione bimetallica

La corrosione bimetallica si verifica quando metalli con potenziali elettrochimici diversi formano un elemento galvanico cortocircuitato in presenza di una soluzione acquosa, per cui il metallo meno nobile viene attaccato in modo corrosivo.

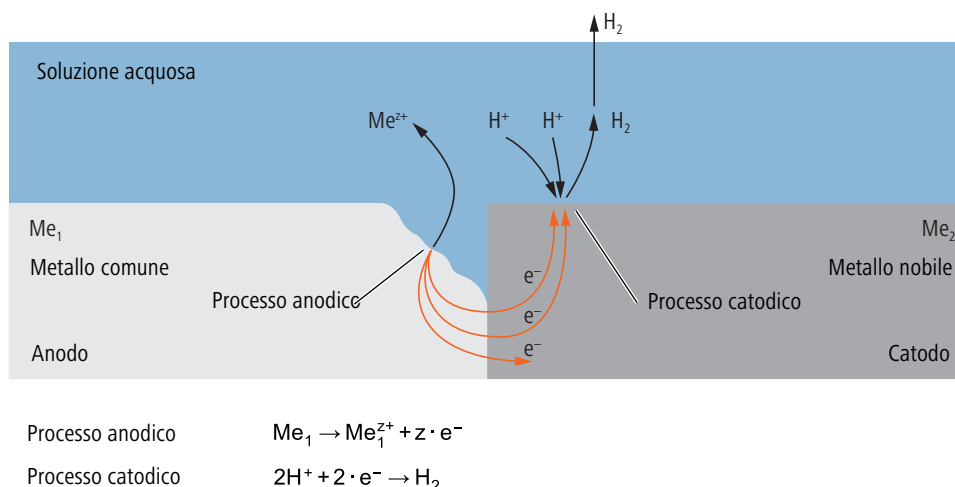


Fig. 9: Corrosione bimetallica.

L'immagine mostra la riduzione dell'idrogeno come processo catodico ma è possibile anche la riduzione dell'ossigeno.

I fattori d'influenza seguenti incrementano la corrosione bimetallica:

- Marcata differenza di potenziale dei metalli
- Elevata conducibilità dei metalli e dell'elettrolita
- Elevata conducibilità della superficie di contatto tra i metalli

Da quanto sopra si possono derivare relative misure per ridurre la corrosione bimetallica, ad esempio evitare le installazioni miste o l'isolamento elettrico dei metalli.

Nell'impianto di acqua potabile, il contatto metallico tra i componenti delle condutture in materiali metallici diversi e l'acqua potabile e/o l'acqua di condensa che funge da elettrolita crea un elemento di corrosione nei punti di contatto. Vi è un flusso di corrente di corrosione.

3.4.1 Immagini del danno

La seguente immagine del danno mostra la corrosione bimetallica su una tubazione. La corrosione bimetallica è stata causata da braccialetti inadeguati.

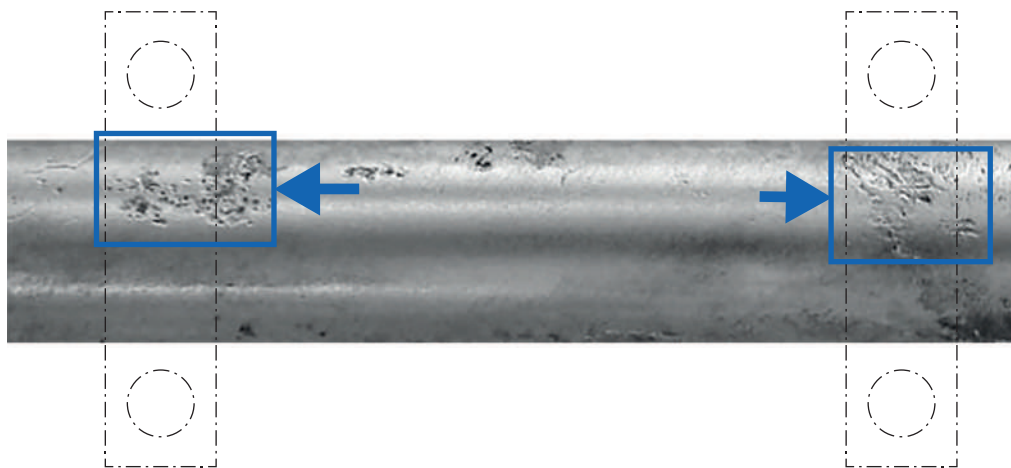


Fig. 10: Immagine del danno dovuto a corrosione bimetallica su un tubo in metallo causata da braccialetti inadeguati.

L'immagine seguente mostra la corrosione bimetallica su un fitting in condizioni di laboratorio. La corrosione bimetallica è stata causata da una combinazione di materiali: tubo in acciaio inossidabile e fitting in acciaio al carbonio. La corrosione bimetallica non è direttamente visibile nell'immagine ma solo i prodotti della corrosione sotto forma di depositi biancastri.

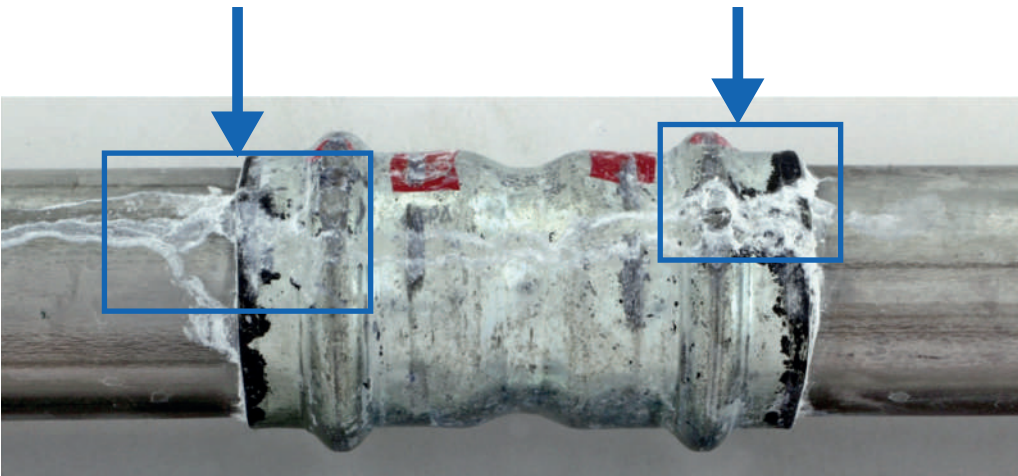


Fig. 11: Corrosione bimetallica su una combinazione di materiali: tubo in acciaio inossidabile e fitting in acciaio al carbonio (in condizioni di laboratorio).

3.4.2 Evitare la corrosione bimetallica

La corrosione bimetallica può essere evitata in vari modi con accorgimenti strutturali, da un lato riducendo al minimo la differenza di potenziale elettrochimico dei materiali, dall'altro prevenendo le correnti di corrosione. La tabella seguente mostra in modo schematico come evitare la corrosione bimetallica:

Immagine	Descrizione
	La corrente di corrosione viene impedita da un elemento costruttivo a isolamento elettrico, ad esempio la bussola a colletto 90056 o il raccordo isolante Optipress-Aquaplug 81042.
	Un rivestimento o uno strato passivo su una superficie metallica impedisce la formazione di corrente di corrosione, ad esempio la fascia 83204 o l'acciaio inossidabile come materiale.
	La struttura è realizzata con metalli con potenziale elettrochimico approssimativamente uguale oppure si evitano le cosiddette installazioni miste.
	La struttura è realizzata in modo tale che un eventuale elettrolita possa entrare in contatto con un solo metallo.

Tabella 4: Evitare la corrosione bimetallica (fonte: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, foglio d'istruzioni 829).

3.5 Corrosione superficiale

La corrosione superficiale determina un'erosione superficiale che si verifica pressoché alla stessa velocità sull'intera superficie interessata del componente corrosivo. Le aree con erosione superficiale sono facilmente riconoscibili dalla decolorazione. La corrosione superficiale può comportare una significativa riduzione del peso del componente.

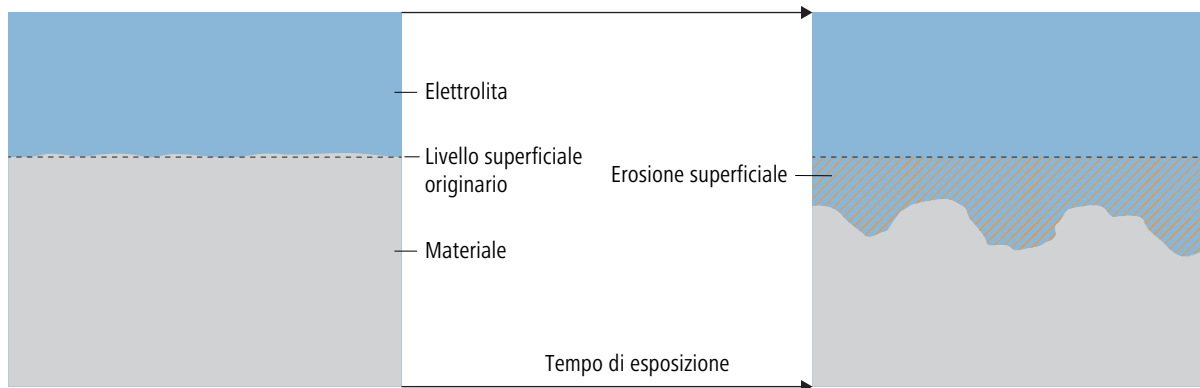


Fig. 12: Corrosione superficiale.

3.5.1 Immagine del danno

L'immagine del danno sotto riportata mostra la corrosione superficiale di un tubo in acciaio al carbonio. Il tubo è stato utilizzato in un impianto di acqua potabile. L'ossigeno presente nell'acqua potabile ha causato la corrosione da ossigeno, con conseguente erosione superficiale del metallo all'interno del tubo.



Fig. 13: Immagine del danno dovuto a corrosione superficiale su un tubo in acciaio al carbonio. Immagine sopra: vista del tubo con i prodotti della corrosione. Immagine sotto: il tubo ripulito dai prodotti della corrosione.

3.6 Corrosione per vaiolatura

La corrosione per vaiolatura (perforazione) è una corrosione locale, spesso solo puntiforme, sul componente. Tra i punti con corrosione per vaiolatura possono esserci aree prive di corrosione. La corrosione per vaiolatura può estendersi fino a quando il componente interessato perde la sua funzione, ad esempio sotto forma di una crepa in una tubazione.

3.6.1 Corrosione per vaiolatura in acciai inossidabili (indice PRE)

La corrosione per vaiolatura in acciai inossidabili è causata principalmente da composti alogeni (composti di cloro, bromo e iodio). Come elemento di lega di acciai inossidabili, il molibdeno aumenta la resistenza alla corrosione per vaiolatura.

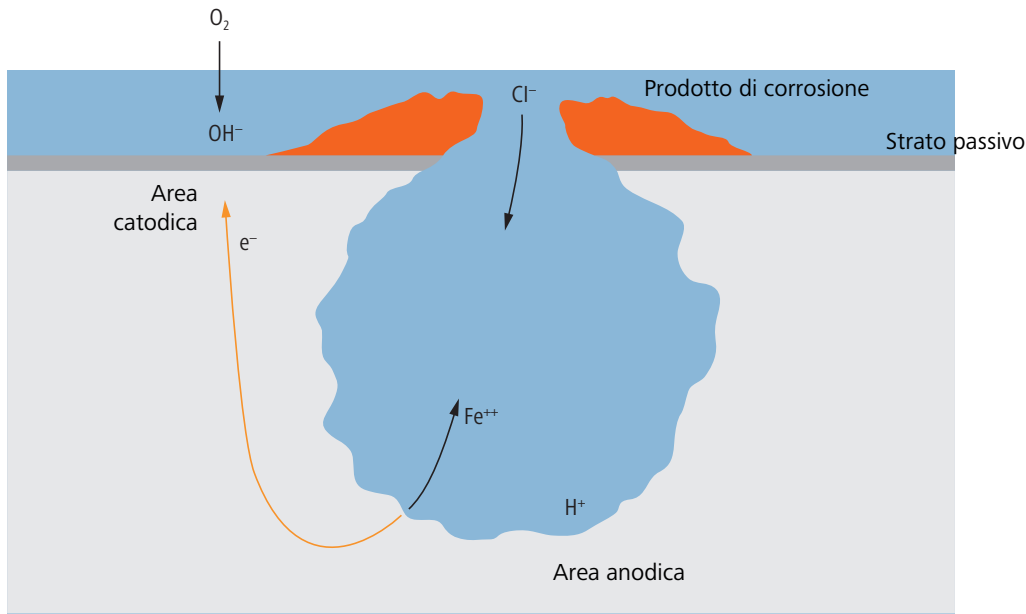


Fig. 14: Corrosione per vaiolatura in acciaio inossidabile (immagine: Boniardi, Metallurgia degli acciai).

Il potenziale di corrosione per vaiolatura è una misura per la resistenza di un acciaio inossidabile alla corrosione per vaiolatura ed è espresso come somma effettiva o indice PRE (PRE: pitting resistance equivalent). Con il molibdeno come elemento di lega, la resistenza alla corrosione per vaiolatura può essere migliorata in modo mirato. L'indice PRE viene calcolato con la seguente formula:

Indice PRE = %Cr + 3.3 × %Mo

Simboli della formula	Unità	Descrizione
Indice PRE	—	Potenziale di corrosione per vaiolatura
%Cr		Percentuale di lega del cromo
%Mo		Percentuale di lega del molibdeno

Un indice PRE elevato indica un'elevata resistenza alla corrosione per vaiolatura. I tipi di acciaio inossidabile utilizzati nei prodotti della Nussbaum hanno indici PRE superiori rispetto a quelli richiesti dalle relative norme.

Tipi di acciaio inossidabile	Indice PRE	Indice PRE (valore normale)
1.4521	24.1	23.0
1.4401/04		23.1

Tabella 5: Indici PRE dei tipi di acciaio inossidabile della Nussbaum.

3.6.2 Immagine del danno

La seguente immagine del danno mostra una corrosione per vaiolatura avanzata che ha causato la rottura di una tubazione.



Fig. 15: Immagine del danno dovuto a corrosione per vaiolatura.

3.6.3 Evitare la corrosione per vaiolatura

Per l'isolamento termico delle tubazioni occorre utilizzare materiali privi di alogeni.

Per impermeabilizzare i collegamenti filettati in acciaio inossidabile è necessario utilizzare canapa priva di cloro o altri sigillanti privi di cloruro. I sigillanti per filettature in materiale sintetico quali il politetrafluoroetilene (PTFE) devono essere certificati dal DVGW.



Fig. 16: Nastro ermetico per filettature in PTFE privo di cloro 83180 con certificazione DVGW.

3.7 Tensocorrosione

La tensocorrosione indica la fessurazione del metallo dovuta alla corrosione e all'allungamento del metallo per effetto delle sollecitazioni di trazione.

La tensocorrosione dei metalli, in particolare di acciai austenitici al Cr-Ni, è spesso causata da soluzioni saline contenenti cloruro o composti di cloro umidi. Le cricche sono spesso fortemente ramificate e si sviluppano perpendicolarmente alla direzione della sollecitazione di trazione sul componente. Questo tipo di corrosione si verifica piuttosto raramente negli acciai cromati ferritici.

La tensocorrosione può comparire nei fitting in ottone che vengono in contatto con ammoniaca o ammonio.

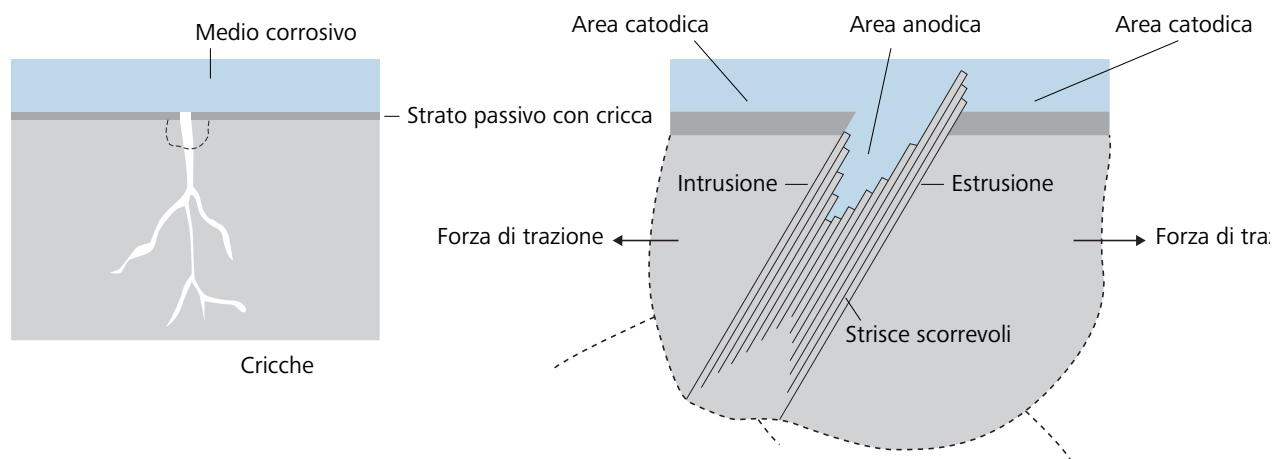


Fig. 17: Tensocorrosione.

Le sollecitazioni di trazione necessarie per innescare la tensocorrosione possono essere presenti su un componente sotto forma di tensioni residue fin dall'inizio, come risultato del processo di produzione e lavorazione. Possono tuttavia essere causate anche da un montaggio conforme alle disposizioni o da sollecitazioni durante il funzionamento, ad esempio il prolungamento di un rubinetto è da considerarsi un'applicazione particolarmente critica da questo punto di vista poiché, in questo caso, vengono introdotte sollecitazioni di trazione a causa dell'espansione che si verifica durante l'avvitamento. I fattori determinanti in tal senso sono il grado di deformazione durante il montaggio e la durezza del componente che è una misura indiretta della deformabilità plastica. L'ottone deve essere sottoposto a stress termico per le applicazioni critiche. Oltre alle sollecitazioni meccaniche, la contemporanea esposizione a determinati agenti corrosivi specifici (ad esempio ammoniaca, ossido di zolfo) favorisce la tensocorrosione. Il bronzo è più resistente alla tensocorrosione rispetto all'ottone.

3.7.1 Immagini del danno

La seguente immagine del danno mostra la fase iniziale della tensocorrosione su un manicotto a scorrimento.

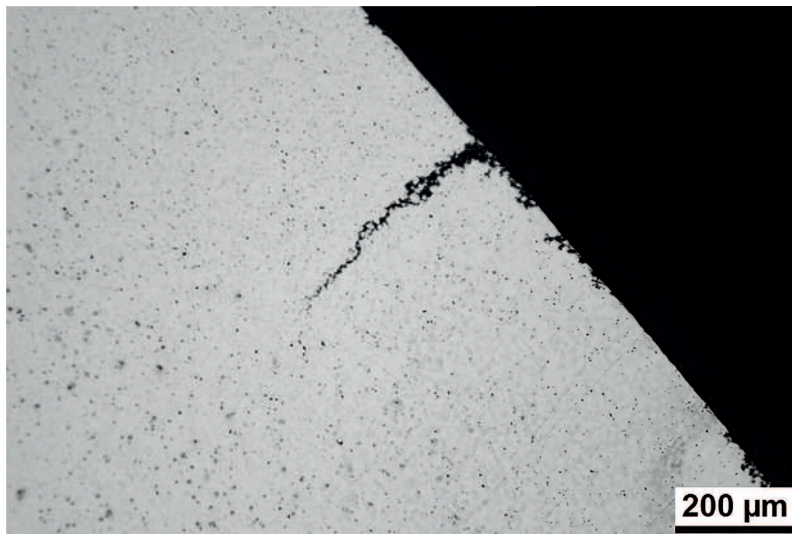


Fig. 18: Immagine del danno dovuto a tensocorrosione su un manicotto a scorrimento.

La seguente immagine del danno mostra un raccordo filettato in ottone da 1¼ × 1 pollici danneggiato da tensocorrosione.



Fig. 19: Immagine del danno dovuto a tensocorrosione su un raccordo filettato.

3.8 Corrosione indotta dal flusso

La corrosione indotta dal flusso si riferisce ai processi di corrosione innescati dall'interazione tra il flusso di un mezzo e una superficie metallica. Comprende due forme: corrosione da erosione e corrosione per cavitazione. Entrambi i processi contrastano la formazione di strati superiori protettivi sulla superficie metallica, esponendo il materiale e favorendo la corrosione selettiva. Questo processo è particolarmente critico per rame e leghe di rame poiché la loro resistenza dipende dalla conformazione impeccabile di tali strati superiori.

3.8.1 Corrosione da erosione

La norma SN EN 12502-2:2004 descrive la corrosione da erosione come un tipo di corrosione caratterizzata da un'asportazione localizzata di materiale, spesso in combinazione con la corrosione chimica.

3.8.1.1 Erosione

Il processo fisico di erosione in sistemi di condutture si verifica quando l'acqua che scorre agisce meccanicamente sulla superficie della tubazione erodendola lentamente. Le cause più frequenti sono:

- **Elevate velocità di flusso:** I flussi d'acqua veloci possono agire direttamente sulla parete del tubo ed eroderlo.
- **Particelle abrasive:** Le particelle trasportate dall'acqua, quali sabbia o altre sostanze solide, possono danneggiare la parete interna del tubo per attrito.
- **Flussi turbolenti:** I bruschi cambiamenti nella direzione del flusso o i restringimenti nel sistema di tubazioni possono comportare flussi turbolenti che accelerano l'asportazione di materiale.

L'erosione determina una graduale perdita di materiale che riduce lo spessore delle pareti dei tubi e può comprometterne l'integrità strutturale.

3.8.1.2 Conseguenze

- Lo strato superiore viene danneggiato o la sua formazione viene contrastata, ad esempio lo strato protettivo di ossido o carbonato sulle superfici in rame.
- La superficie metallica esposta dallo strato superiore è soggetta a una maggiore corrosione chimica perché lo scambio di ioni non è più inibito.
- La corrosione locale si manifesta con i caratteristici avvallamenti a forma di ferro di cavallo.
- Nei sistemi di approvvigionamento di acqua calda, la corrosione da erosione si verifica spesso in punti in cui la direzione di flusso cambia bruscamente, ad esempio sugli spigoli.

3.8.1.3 Prevenzione

La norma EN 12502-2 contiene raccomandazioni sulle velocità massime di flusso e sull'esecuzione di tubazioni. Le specifiche devono essere intese come valori indicativi e servono come ausilio per la progettazione e il funzionamento di tubazioni con acqua come medio.

Osservanza dei valori limite per le velocità di flusso.

- Tubazioni in rame:
 - Con tempi di prelievo brevi: max. 3 m/s
 - Con tempi di prelievo prolungati (> 15 minuti): max. 2 m/s
 - In sistemi di circolazione per approvvigionamento di acqua calda: max. 0.5 m/s
- Per tubazioni in leghe di rame valgono gli stessi valori limite delle tubazioni in rame. In presenza di una maggiore resistenza alla corrosione sono tuttavia possibili velocità di flusso più elevate.
- Tubazioni in bronzo: in sistemi di circolazione per approvvigionamento di acqua calda: max. 1 m/s tenendo conto della qualità dell'acqua e dell'esecuzione delle tubazioni

Prevenire turbolenze nelle tubazioni:

- Evitare bruschi cambiamenti di sezione e di direzione nelle tubazioni.
- Utilizzare elementi di compensazione del flusso, ad esempio un tratto di tubo diritto a valle di una pompa di circolazione.
- Ridurre al minimo il numero tubi curvati e valvole nella rete di tubazioni.

Selezione dei materiali:

- Se non è possibile rispettare le velocità di flusso raccomandate dalla norma EN 12502-2 è opportuno utilizzare acciaio inossidabile al posto del rame e delle leghe di rame. L'acciaio inossidabile vanta una maggiore resistenza alla corrosione ed è più adatto a fronte di condizioni di flusso critiche.
- Se è possibile rispettare le specifiche della norma EN 12502-2 si dovrebbero utilizzare leghe di rame con una maggiore resistenza all'erosione. Al posto dell'ottone si dovrebbe utilizzare il bronzo che presenta una maggiore resistenza alla corrosione da erosione.

3.8.1.4 Immagine del danno

La seguente immagine del danno mostra la corrosione da erosione su una valvola inclinata installata in una condotta di circolazione. A causa di un blocco meccanico del pezzo per valvola di ritegno (non raffigurato), la potenza della pompa di circolazione è stata aumentata per mantenere la portata volumetrica nella condotta di circolazione. Ciò ha comportato velocità di flusso elevate e flussi turbolenti nell'area del piattello nonché, di conseguenza, una corrosione da erosione.

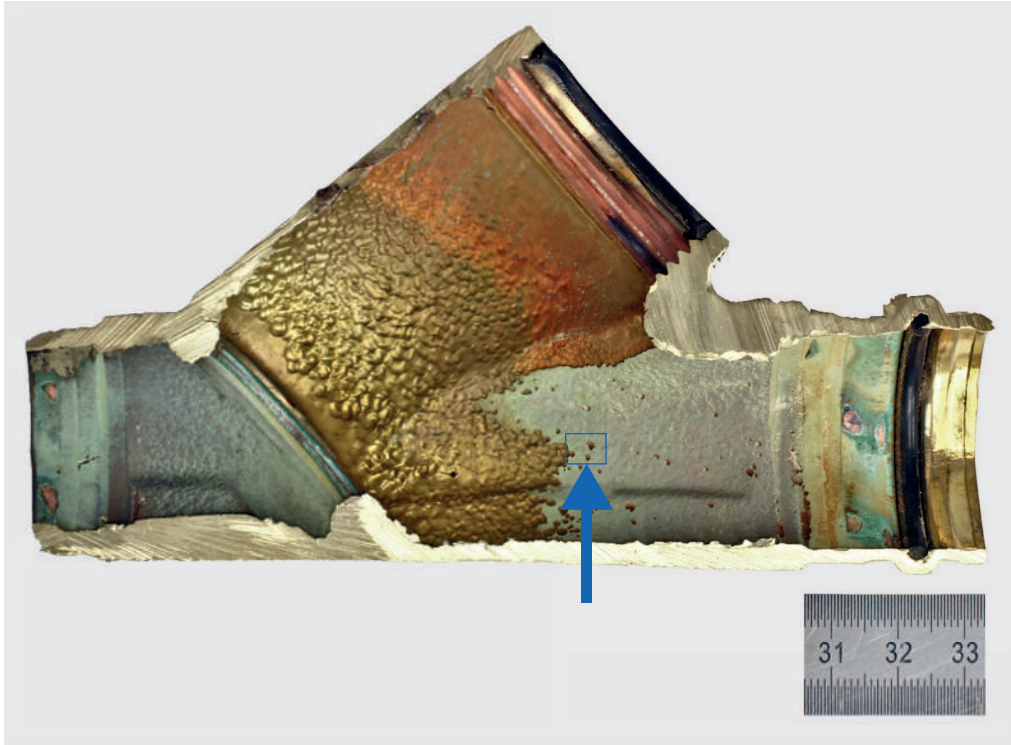


Fig. 20: Immagine del danno dovuto a corrosione da erosione.



Fig. 21: Dettaglio dell'immagine del danno con avvallamenti a forma di ferro di cavallo caratteristici della corrosione da erosione.

3.8.2 Corrosione per cavitazione

La corrosione per cavitazione è causata dalla cavitazione che danneggia meccanicamente la superficie metallica e favorisce quindi la corrosione chimica.

3.8.2.1 Cavitazione

Il processo fisico della cavitazione si verifica quando differenze di pressione locali nel liquido portano alla formazione e al successivo collasso di bolle di gas. Le cause della cavitazione nelle tubazioni sono:

- **Variazioni di pressione:** In aree con velocità di flusso elevate o in corrispondenza di strozzature, la pressione può diminuire, a livello locale, a tal punto che l'acqua evapora e forma bolle di gas.
- **Implosione delle bolle:** Quando queste bolle raggiungono aree con una pressione maggiore implodono. I sovraccarichi che ne derivano possono danneggiare la parete del tubo.
- **Azione ripetuta:** Il collasso ripetuto delle bolle può comportare un'asportazione progressiva del materiale, nota come «erosione per cavitazione».

La cavitazione provoca danni localizzati che spesso si manifestano come piccoli avvallamenti o fori nella parete del tubo. Tali danni possono espandersi e compromettere il funzionamento della tubazione.

3.8.2.2 Conseguenze

- La corrosione per cavitazione si verifica tipicamente in pompe, valvole o strozzature con marcate differenze di pressione.
- Danneggiamento del materiale con avvallamenti a forma di vescicola.
- In particolare nelle leghe di rame:
 - Lo strato superiore, ad esempio il carbonato di rame basico, viene danneggiato dalla cavitazione.
 - Il metallo esposto è soggetto a corrosione selettiva, soprattutto in acque acide o contenenti solfati.

3.8.2.3 Prevenzione

Le condizioni di flusso e la qualità dell'acqua rappresentano i fattori critici che possono innescare la corrosione per cavitazione:

- Evitare velocità di flusso eccessive e variazioni di pressione improvvise, ad esempio in corrispondenza di pompe e punti di strozzamento.
- Evitare l'acqua sovrassatura di gas perché favorisce la formazione di bolle di gas, ad esempio a causa di uno sfiato incontrollato delle tubazioni.
- In particolare nelle tubazioni in rame e leghe di rame:
 - Ridurre la formazione di bolle di gas utilizzando dispositivi di sfiato.
 - Evitare perdite di pressione dimensionando adeguatamente le tubazioni e le pompe.

3.8.2.4 Immagini del danno

L'immagine seguente mostra la corrosione per cavitazione generata in condizioni di laboratorio su una piastra di prova in bronzo privo di piombo. La piastra di prova e un sonotrodo a ultrasuoni sono stati collocati in un recipiente pieno di acqua. La piastra di prova è stata quindi trattata con il sonotrodo a ultrasuoni per un determinato lasso di tempo. Il trattamento con ultrasuoni ha causato una cavitazione che ha portato a un'asportazione di materiale visibile sulla superficie della piastra di prova.



Fig. 22: Corrosione per cavitazione causata da un sonotrodo a ultrasuoni su una piastra di prova in bronzo privo di piombo.



Fig. 23: Vista dettagliata dell'asportazione di materiale sulla piastra di prova.

La seguente immagine del danno mostra una **forma mista** di corrosione da erosione e di corrosione per cavitazione su un riduttore di pressione.

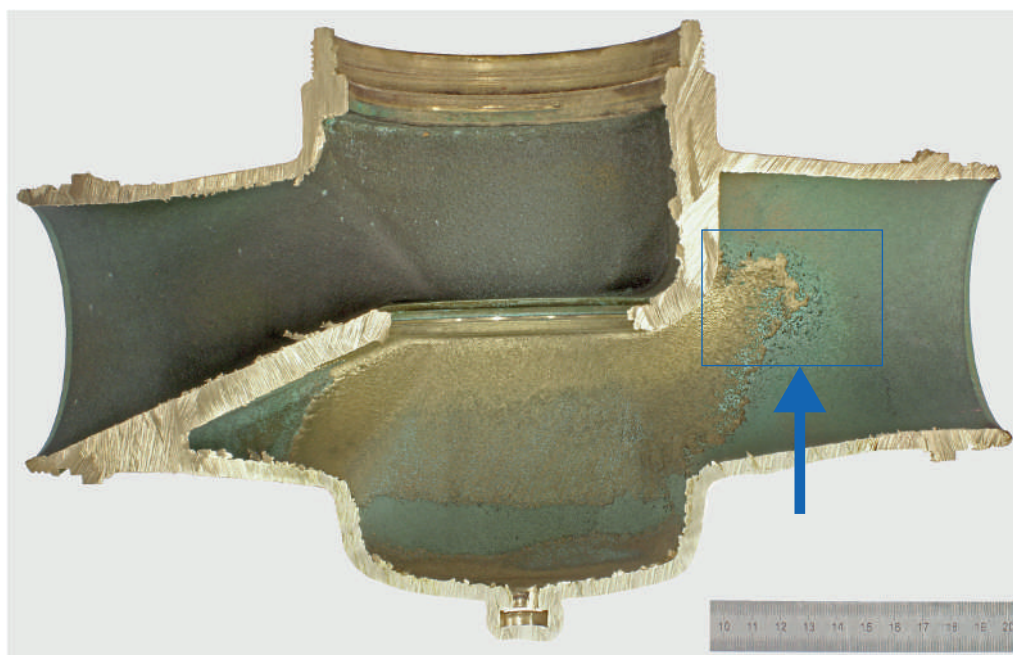


Fig. 24: Immagine del danno di una forma mista di corrosione da erosione e di corrosione per cavitazione.



Fig. 25: Dettaglio dell'immagine del danno.

3.9 Corrosione selettiva

La corrosione selettiva è la corrosione di una lega in cui gli elementi formano un elemento di corrosione a causa dei diversi potenziali elettrochimici, con l'acqua che in molti casi costituisce l'elettrolita. L'elemento della lega meno nobile si corrode lungo le aree strutturali del materiale. L'elemento più nobile della lega permane nel materiale in uno stato poroso. Un esempio di corrosione selettiva è rappresentato dalla dezincificazione dell'ottone.

3.9.1 Dezincificazione

Un esempio di corrosione selettiva è la dezincificazione di componenti di condutture in ottone. Nella dezincificazione, lo zinco viene dissolto dalla lega di ottone per corrosione, lasciando il rame poroso. Le croste di sale sulla parte esterna delle rubinetterie in ottone indicano una possibile dezincificazione che può verificarsi soprattutto nelle condutture dell'acqua calda.

3.9.2 Diagramma di Turner

La composizione dell'acqua influisce sulla dezincificazione dell'ottone. Una maggiore durezza dell'acqua e un minore tenore di cloruro ostacolano la dezincificazione. La correlazione tra dezincificazione, durezza dell'acqua e tenore di cloruro è riscontrabile nel diagramma di Turner.

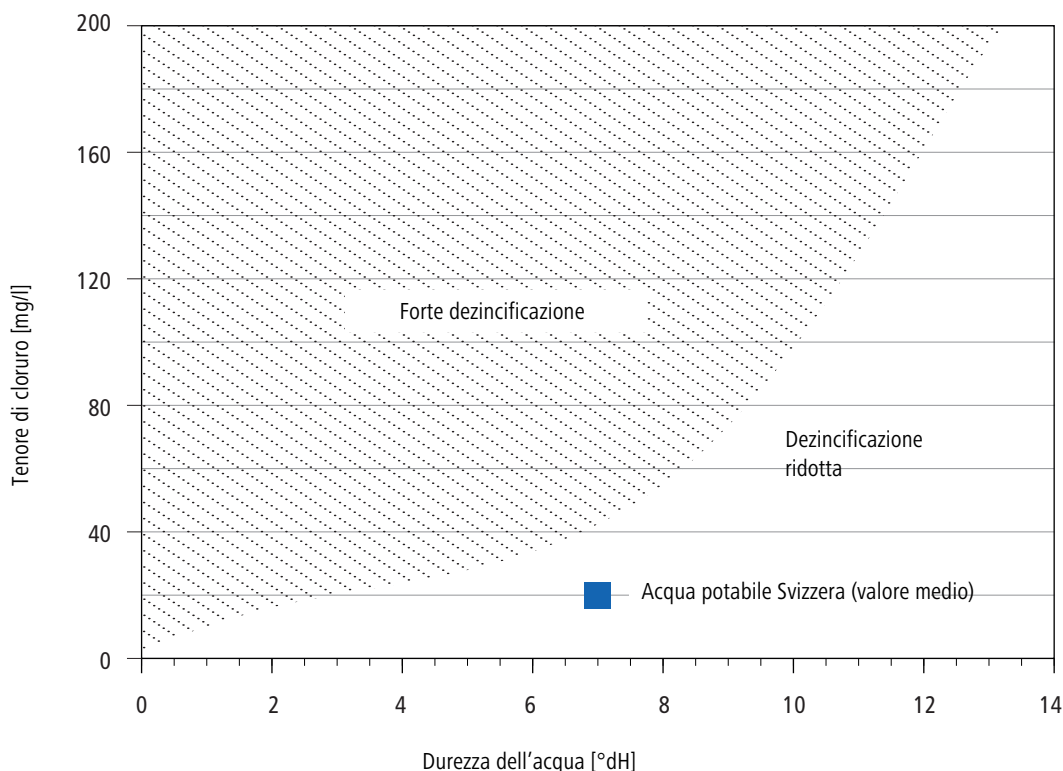


Fig. 26: Diagramma di Turner relativo alla dezincificazione dell'ottone.

3.9.3 Immagine del danno

La seguente immagine del danno mostra la dezincificazione sul filetto di una testa della valvola. La resistenza del componente è stata ridotta dalla progressiva dezincificazione a tal punto che il componente non riusciva più a sopportare le forze del raccordo.

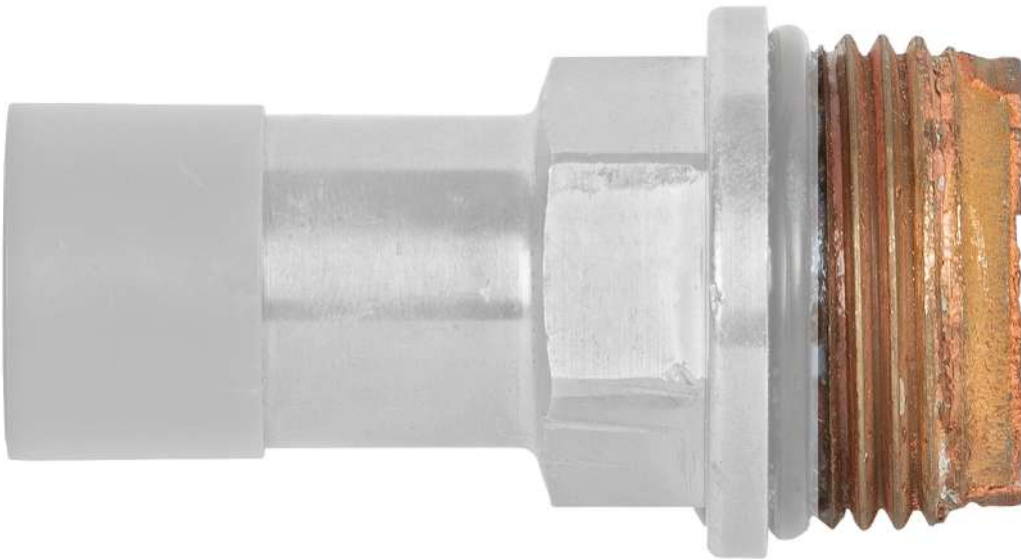


Fig. 27: Immagine del danno dovuto a dezincificazione sul filetto di una testa della valvola.

3.10 Corrosione intercristallina

La corrosione intercristallina è la corrosione all'interno o adiacente ai bordi dei grani di una lega metallica.

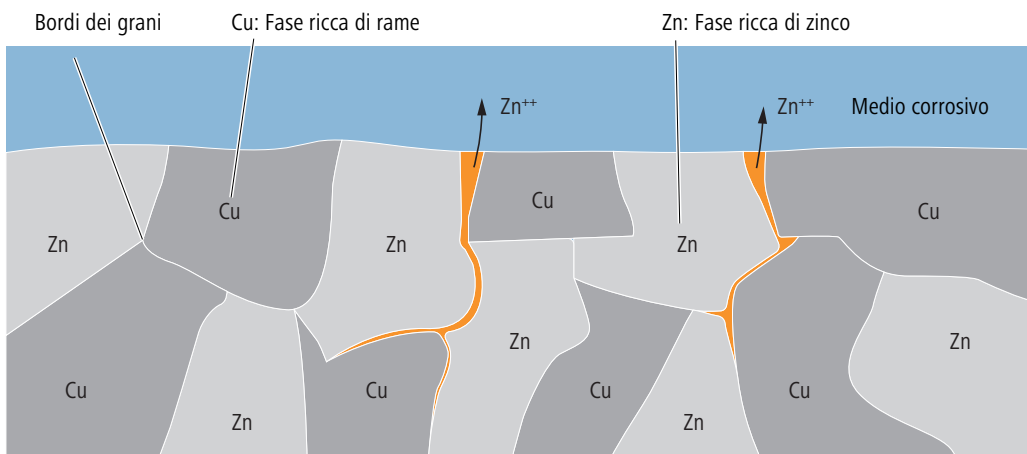


Fig. 28: Corrosione intercristallina (immagine: Bickle et al., Installationstechnik).

La corrosione intercristallina viene favorita da una struttura a grana grossa e da elevate proporzioni degli elementi di lega arsenico e fosforo nel materiale nonché da temperature elevate. Anche l'ammoniaca presente nell'acqua e negli elementi di sfianto può causare la corrosione intercristallina.

Nelle leghe di ottone, la corrosione intercristallina si verifica quando sono presenti precipitati ai bordi dei grani. La dezincificazione dell'ottone è dovuta sia alla corrosione per vaiolatura sia alla corrosione intercristallina.

3.10.1 Immagine del danno

La seguente immagine del danno mostra la corrosione intercristallina su un componente in ottone.

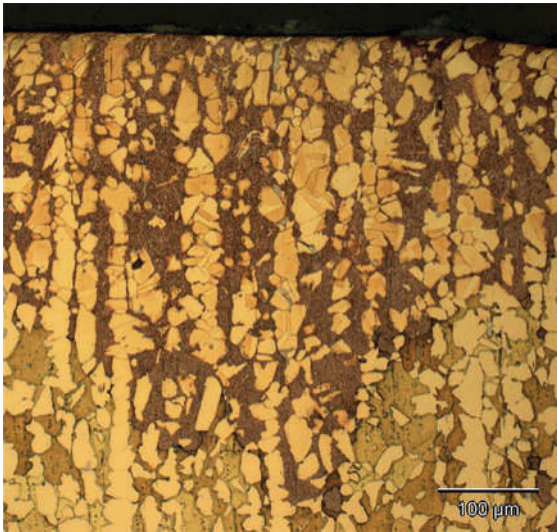


Fig. 29: Immagine del danno dovuto a corrosione intercristallina su un componente in ottone.

Se sul componente agiscono sollecitazioni di trazione meccaniche, in combinazione con la corrosione intercristallina possono verificarsi cricche da stress, come risulta nell'immagine seguente:

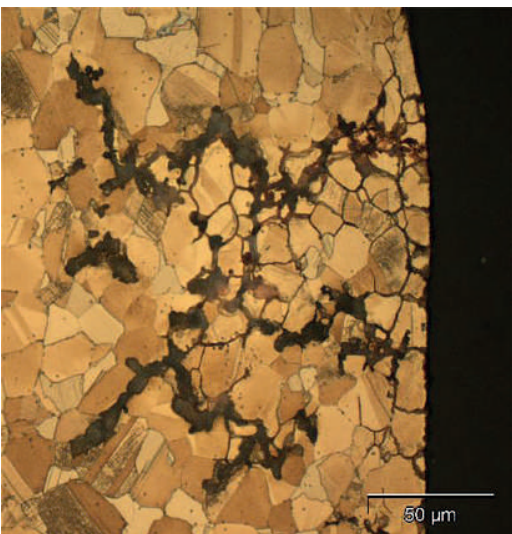


Fig. 30: Immagine del danno dovuto a corrosione intercristallina con fessurazione su un componente in ottone.

3.11 Corrosione per correnti esterne

La corrosione per correnti esterne è una corrosione elettrochimica dovuta a correnti appunto esterne (denominate anche «correnti vaganti» o «correnti vagabonde») che possono verificarsi quando le correnti elettriche vengono condotte nel terreno attraverso una messa a terra e vengono deviate con isolamenti e resistenze. Queste possono essere correnti continue o alternate – ma solo le correnti continue sono rilevanti come causa di corrosione.

Se una corrente continua attraversa una parte metallica in un ambiente umido si può innescare una reazione anodica parziale del metallo con l'ossigeno – e la parte metallica si corrode.

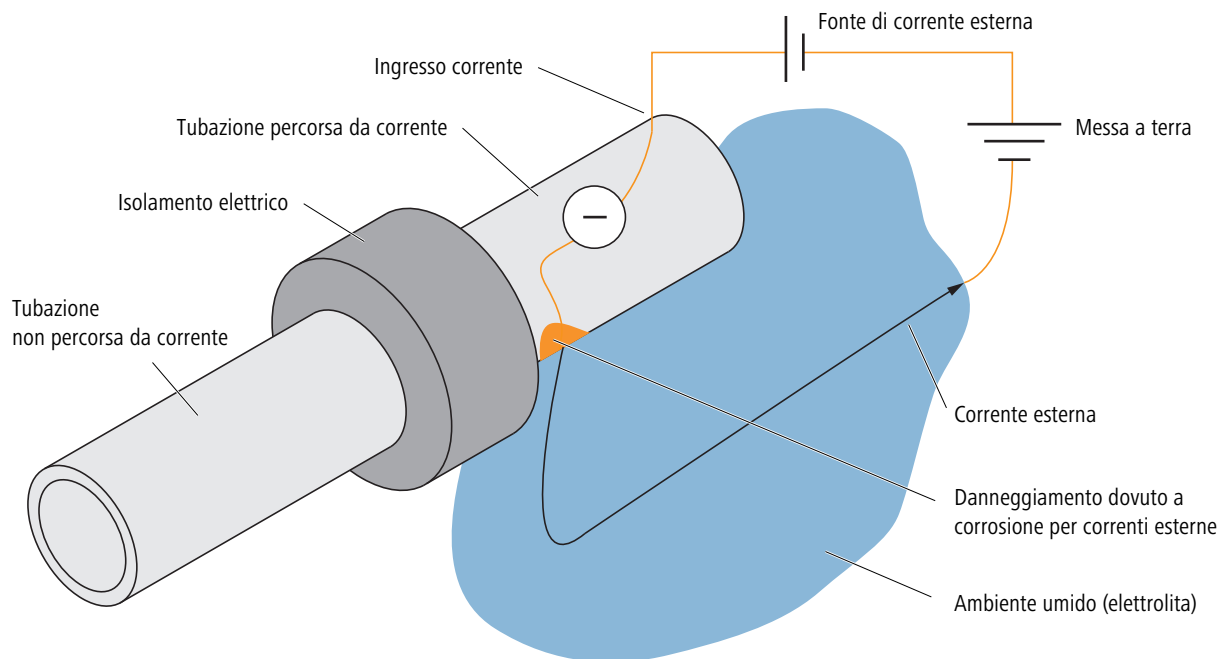


Fig. 31: Principio della corrosione per correnti esterne (immagine: Blickle, Installationstechnik).

L'isolamento elettrico nell'immagine serve a mostrare la deviazione della corrente esterna dalla tubazione in un ambiente a bassa impedenza dove successivamente si può verificare la corrosione dei punti di uscita.

3.11.1 Evitare la corrosione per correnti esterne

Una possibile causa di corrosione per correnti esterne nell'impianto idrosanitario è rappresentata dagli allacciamenti elettrici dell'abitazione. A seconda del sistema di rete e delle utenze, le correnti esterne possono verificarsi nelle tubazioni, negli impianti di ventilazione e di riscaldamento, negli impianti parafulmine e negli elementi metallici della struttura. In presenza di umidità possono manifestarsi fenomeni di corrosione.

Nei sistemi di rete TN, i conduttori attivi della rete elettrica sono collegati al potenziale di terra attraverso il punto stella del trasformatore, mentre le utenze elettriche sono collegate a questo punto in due modi diversi:

- Nella rete TN-C (dal francese «terre neutre combiné»), il collegamento avviene tramite il conduttore PEN che combina la funzione del conduttore di protezione (PE) e del conduttore di neutro (N).
- Nella rete TN-S (dal francese «terre neutre séparé»), il conduttore di neutro e il conduttore di protezione sono posati separatamente.

La combinazione dei due sistemi di rete è denominata rete TN-C-S.

3.11.1.1 Sistema di rete TN-C

Il sistema TN-C prevede un conduttore PEN comune nei collegamenti tra la scatola dell'allacciamento domestico e le sottodistribuzioni. Un conduttore di protezione (PE) separato è spesso presente solo nel circuito elettrico verso l'utenza.

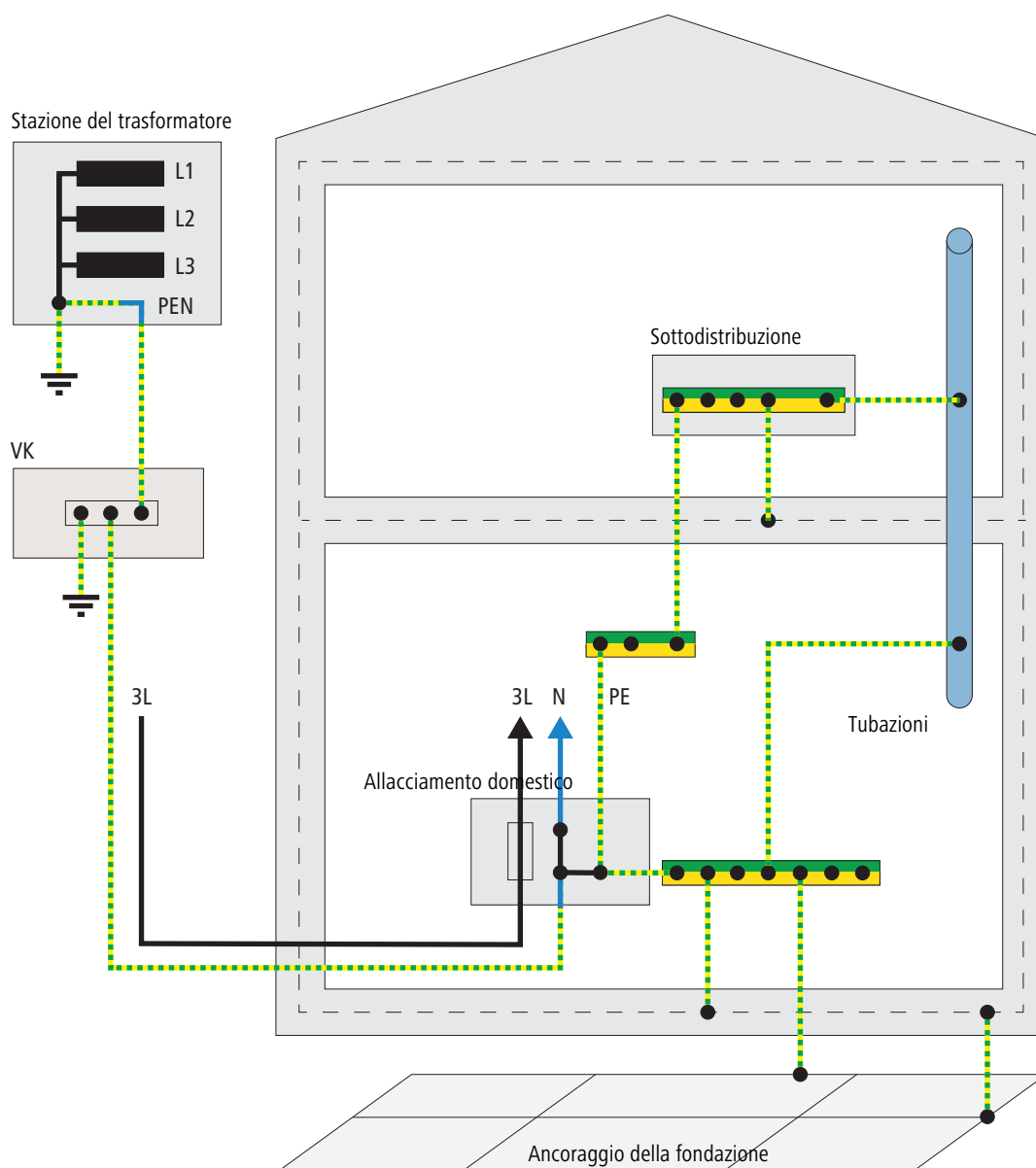


Fig. 32: Sistema di rete TN-C.

3.11.1.2 Sistema di rete TN-S

Il sistema di rete TN-S prevede la suddivisione del conduttore PEN in conduttore di protezione e conduttore di neutro, creata in corrispondenza dell'allacciamento elettrico dell'abitazione.

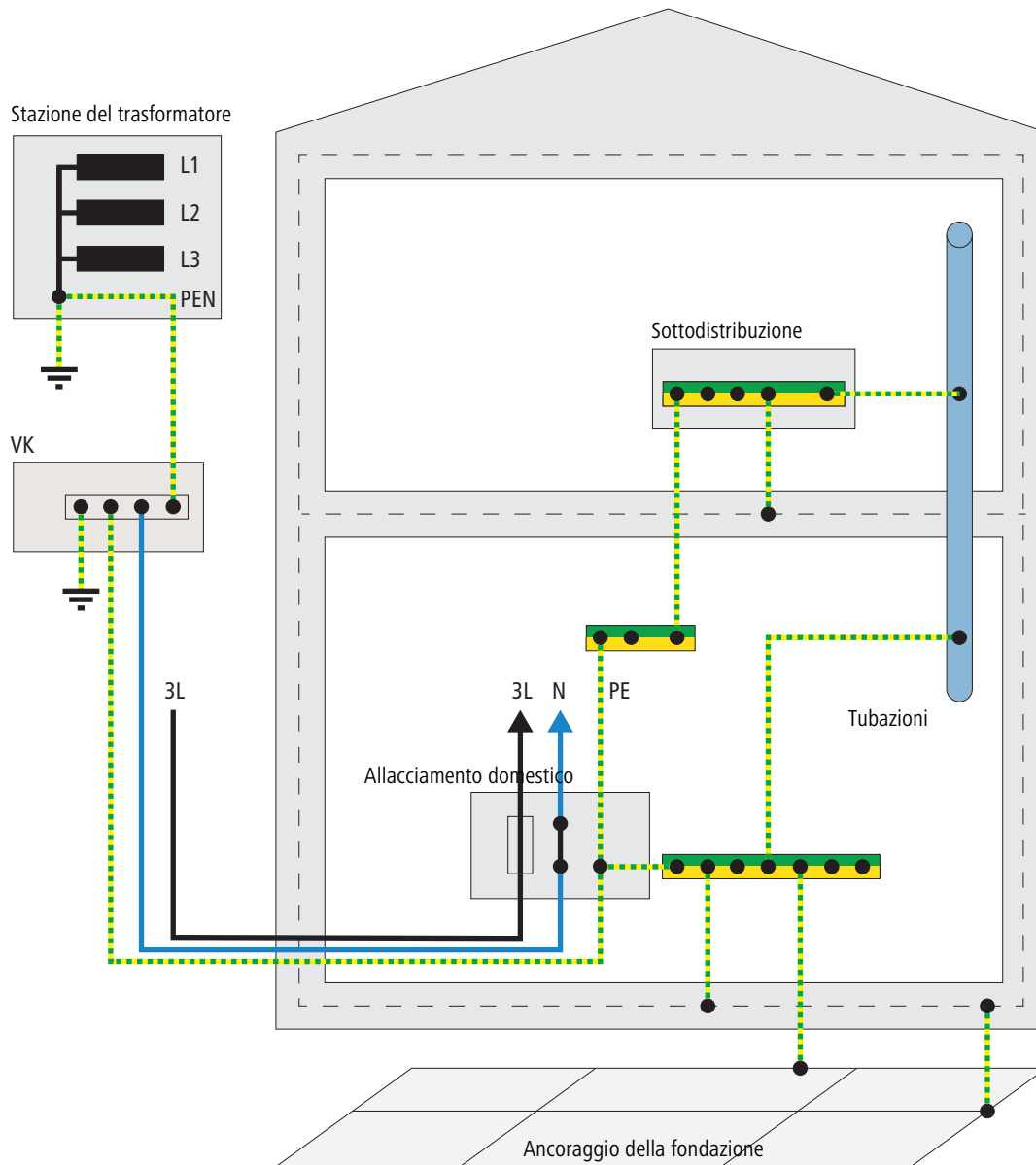


Fig. 33: Sistema di rete TN-S.

3.11.1.3 Messa a terra di impianti elettrici

La messa a terra di impianti elettrici all'interno di edifici è costituita da un dispositivo di protezione elettrica che, in caso di guasto, blocca l'alimentazione di tensione a parti prive di corrente.

La messa a terra attraverso la rete di approvvigionamento di acqua potabile è sconsigliata per i seguenti motivi:

- Le correnti esterne provenienti da impianti elettrici possono attraversare la rete di approvvigionamento di acqua potabile e causare corrosione per correnti esterne.
- In caso di sostituzione o riparazione di tubazioni (metalliche), la messa a terra può essere interrotta.

Quando si effettua la messa a terra attraverso l'allacciamento domestico dell'acqua, la fonte di corrente esterna può trovarsi lontano dall'edificio. Ciò può complicare notevolmente l'individuazione di fonti di correnti esterne per impedire che si verifichino. Occorre inoltre tener conto del fatto che il numero di fonti di correnti esterne è in aumento a causa del crescente utilizzo di dispositivi elettrici, con utenze non lineari che diventano sempre più importanti come fonti di interferenza.

In alternativa si può effettuare la messa a terra con:

- Dispersioni di terra nelle fondazioni
- Nastri di messa a terra
- Picchetti di terra o dispersori di profondità
- Altri elementi costruttivi conficcati nel terreno

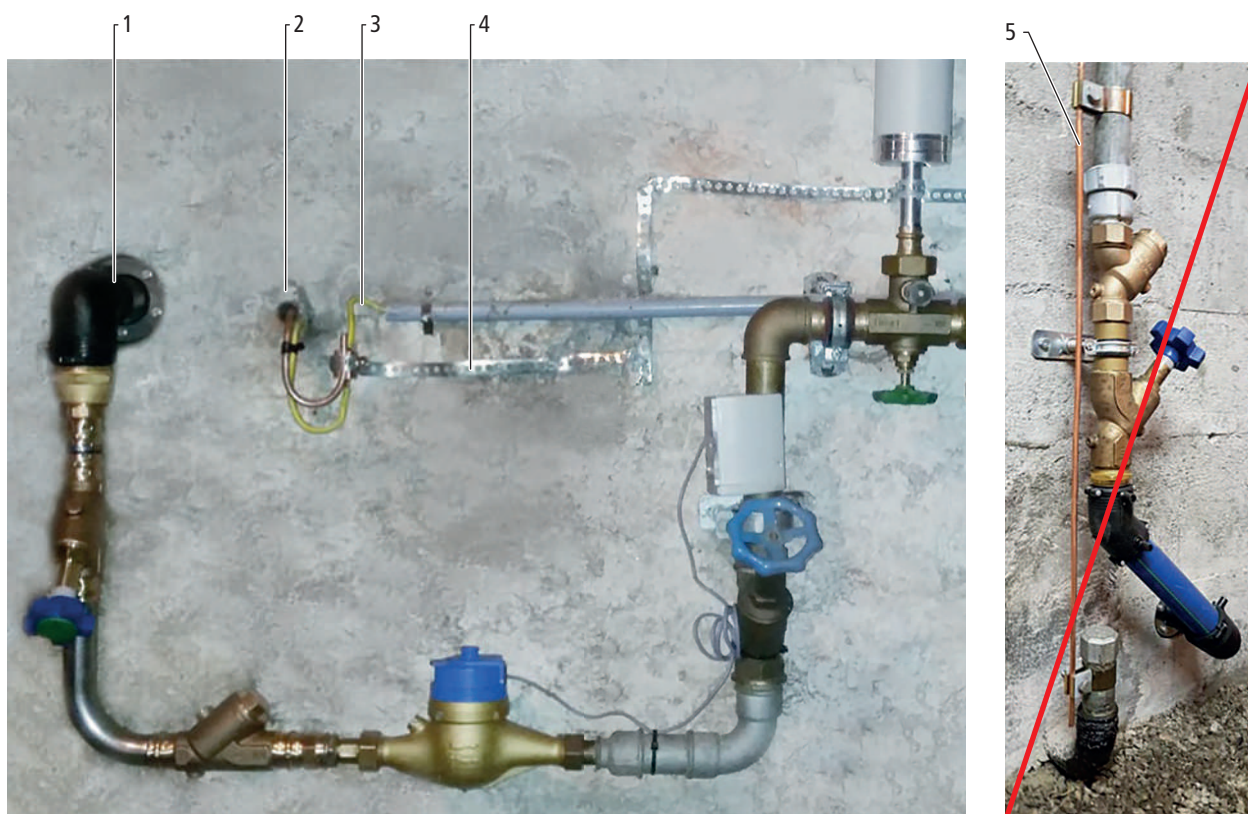


Fig. 34: A sinistra: messa a terra della fondazione. A destra: messa a terra non corretta con ponticello a filo al (vecchio) raccordo per l'acqua (immagine: Promemoria suissetec «Messa a terra tramite le condotte di allacciamento dell'immobile all'acqua»).

1	Raccordo per l'acqua all'abitazione
2	Dispersore di terra nella fondazione (parte dell'armatura del muro)
3	Conduttore di protezione di impianti elettrici
4	Nastro di messa a terra
5	Cavo o ponticello a filo

La messa a terra di impianti elettrici deve essere effettuata e verificata da elettricisti specializzati.

3.12 Biocorrosione (MIC)

La biocorrosione, nota anche come «corrosione influenzata microbiologicamente» (abbreviata in MIC per «microbial influenced corrosion»), è un processo in cui i microrganismi accelerano la corrosione di metalli. I ferrobatteri e i batteri solfato-riduttori svolgono un ruolo importante in questo processo.

- I ferrobatteri (abbreviati in IRB per «iron relevant bacteria») sono microrganismi aerobi che utilizzano gli ossidi di ferro come fonte di energia. I ferrobatteri ossidano il ferro divalente (Fe^{2+}) in ferro trivalente (Fe^{3+}) con conseguente formazione di depositi di ossido di ferro e idrossido che possono ricoprire la superficie dei metalli e accelerare la corrosione.
- I batteri solfato-riduttori (abbreviati in SRB per «sulfat reducing bacteria») sono microrganismi anaerobi che riducono il solfato (SO_4^{2-}) in solfuro (S^{2-}). Il solfuro formatosi può reagire con il ferro e formare solfuro di ferro che crea sulla superficie metallica uno strato nero e fangoso. Tale strato può favorire ulteriormente la corrosione.

A differenza di altri tipi di corrosione, la biocorrosione è indipendente dalla concentrazione di ossigeno. I batteri solfato-riduttori proliferano in ambienti poveri di ossigeno, mentre i ferrobatteri sono attivi in presenza di ossigeno. Per questo motivo, la biocorrosione può verificarsi in ambienti ricchi e poveri di ossigeno.

3.12.1 Forme

La biocorrosione può assumere varie forme, a seconda dei microrganismi coinvolti:

- I ferrobatteri formano sulla superficie metallica depositi color ruggine o marroni.
- I batteri solfato-riduttori formano depositi neri e fangosi che possono odorare di uova marce (a causa della formazione di idrogeno solforato).

3.12.2 Biocorrosione in impianti sprinkler

In impianti sprinkler, la biocorrosione può causare difetti di tenuta nelle tubazioni e, di conseguenza, malfunzionamenti. Il ristagno dell'acqua in impianti sprinkler favorisce la crescita di microrganismi, soprattutto se l'impianto sprinkler viene attivato di rado. I tubi in ferro zincato sono particolarmente soggetti alla biocorrosione perché lo strato di zinco viene attaccato dall'attività dei batteri solfato-riduttori e dei ferrobatteri. L'utilizzo di acciaio inossidabile può ridurre significativamente la biocorrosione negli impianti sprinkler.

3.12.3 Immagini del danno

La seguente immagine del danno mostra la **biocorrosione causata da ferrobatteri (IRB)** all'interno di un tubo in acciaio al carbonio non zincato. Dopo aver smontato il tubo, l'area a sinistra della linea blu è stata pulita, mentre l'area a destra è stata lasciata inalterata.

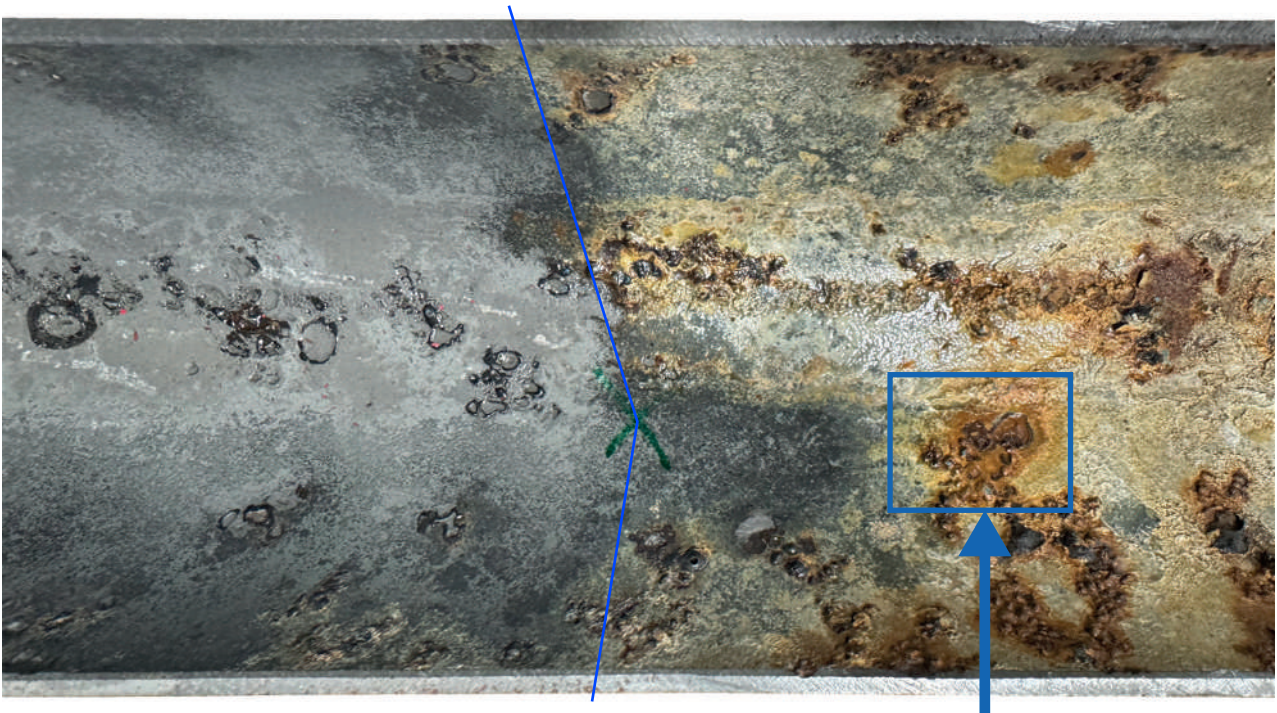


Fig. 35: Immagine del danno da biocorrosione (IRB) all'interno di un tubo in acciaio al carbonio non zincato.

La seguente immagine del danno mostra la **biocorrosione causata da batteri solfato-riduttori (SRB)** su un elemento in rame del quadro elettrico.

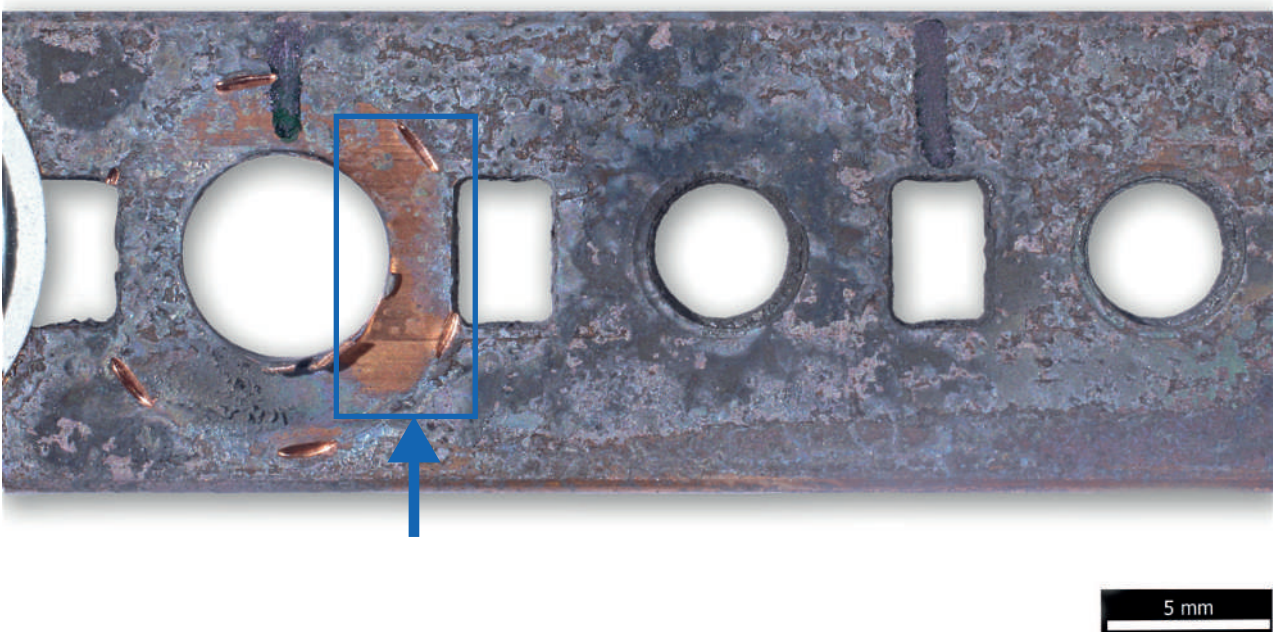


Fig. 36: Immagine del danno da biocorrosione causata da batteri solfato-riduttori (SRB) su un elemento del quadro elettrico.

4 Depositi di calcare nei fitting in ottone

I depositi locali di calcare nei fitting possono compromettere il passaggio dell'acqua all'interno delle tubazioni. Le cause sono differenze di temperatura, punti di cristallizzazione sulle superfici dei componenti, formazione di elementi o correnti esterne da sistemi di protezione catodica. Tali depositi di calcare (denominati anche «incrostazioni») non causano corrosione. La superficie metallica sotto i depositi di calcare rimane ampiamente invariata.

Soprattutto nei fitting in ottone installati nell'area di collegamento degli scaldacqua ad accumulo possono formarsi depositi di calcare che ostruiscono il flusso. La causa può essere ricondotta a correnti continue che provengono, ad esempio, dall'anodo a corrente esterna dello scaldacqua ad accumulo. A seconda della composizione dell'acqua (tenore di acido calcico-carbonico, valore di pH, concentrazione di ioni di rame), nei fitting in ottone si formano depositi di calcare in misura variabile.

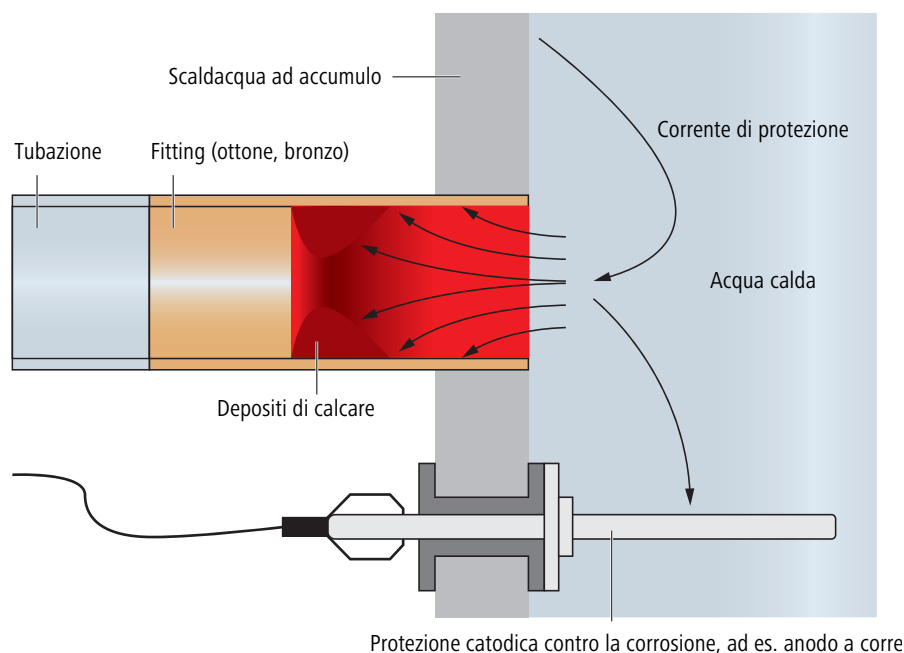


Fig. 37: Le correnti continue di impianti di protezione contro la corrosione possono provocare depositi di calcare nei fitting in ottone installati nell'area di collegamento di scaldacqua ad accumulo (immagine dal Promemoria suisse-tec W10019 «Ablagerung auf Messingfittings in Warmwasserkreisläufen»).

4.1 Immagine del danno

L'immagine seguente mostra il deposito di calcare in un fitting in ottone di 1 pollice. Il raccordo allo scaldacqua ad accumulo si trovava sul lato destro del fitting.



Fig. 38: Immagine del danno da depositi di calcare in fitting in ottone (immagine dal Promemoria suisse-tec W10019).

4.2 Evitare i depositi di calcare

I depositi di calcare nei fitting in ottone dovuti a correnti di protezione, provenienti ad esempio da un anodo a corrente esterna dello scaldacqua ad accumulo, possono essere evitati installando un tratto di tubo a isolamento elettrico con una lunghezza di circa 5 volte il diametro nominale del tubo.

Sono possibili le seguenti varianti teoriche di esecuzione:

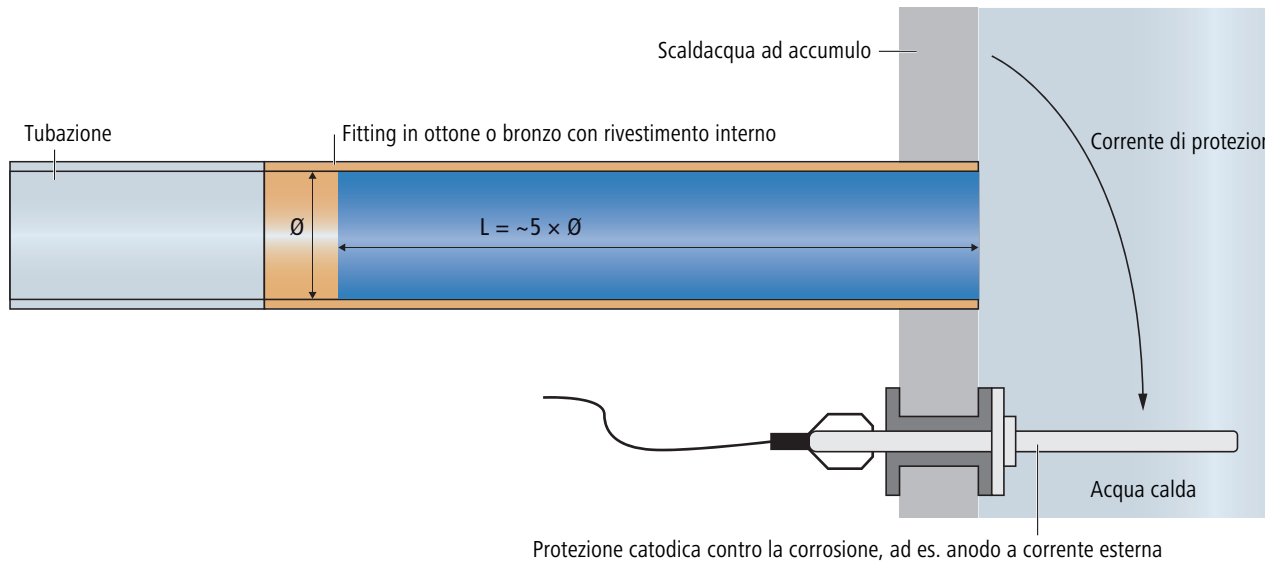


Fig. 39: *Fitting con rivestimento interno a isolamento elettrico.*

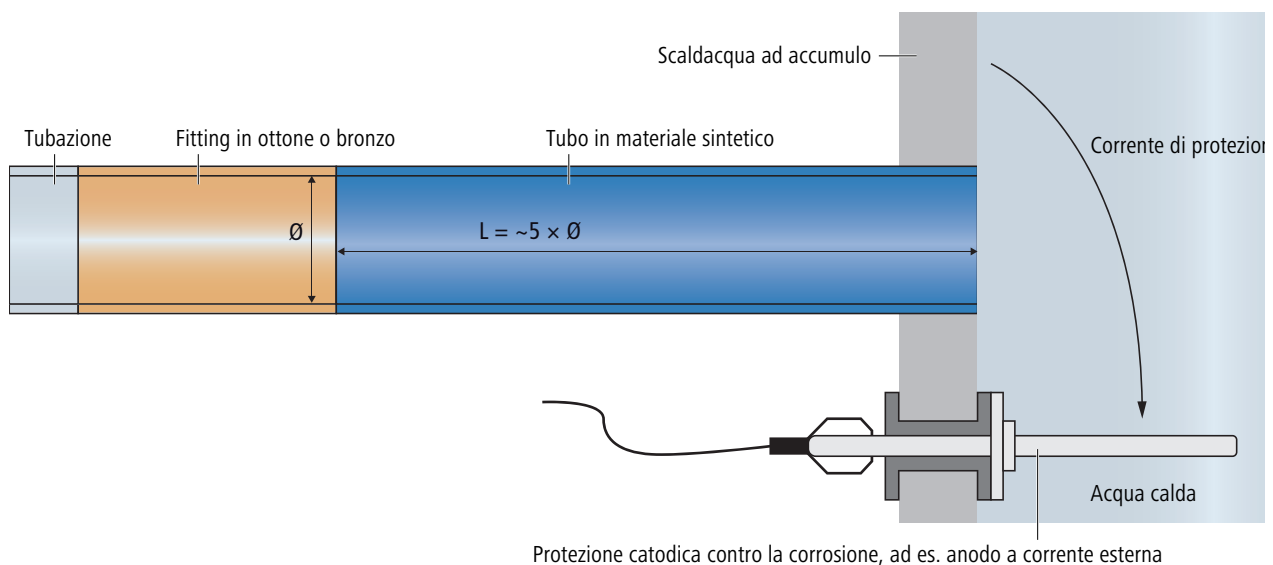


Fig. 40: *Tubo in materiale sintetico tra scaldacqua ad accumulo e tubazione.*

Una soluzione pratica è rappresentata dall'installazione di un raccordo isolante.

4.2.1 Separazione elettrica delle tubazioni

Le tubazioni possono essere separate elettricamente utilizzando il raccordo isolante 81042. Il raccordo isolante realizza una chiusura a tenuta piana. Il pressfitting è dotato di punto di sicurezza SC.



Fig. 41: Raccordo isolante (non avvitato / avvitato)

1	Raccordo filettato Rp
2	Guarnizione piatta
3	Pressfitting (con punto di sicurezza SC)
4	Anello divisorio
5	Dado

5 Carbonato di rame

A contatto con l'acqua, i materiali in rame possono formare ossido di rame (Cu_2O) che crea un sottile strato marrone sulla superficie del metallo e protegge dalla corrosione. A seconda della composizione dell'acqua, lo strato si rompe e si formano asperità di carbonato di rame che crescono insieme a formare uno strato verde omogeneo. Il carbonato di rame (CuCO_3) è innocuo per la salute e non deve essere confuso con il velenoso verderame (acetato di rame) che si forma dalla reazione del rame con l'acido acetico.

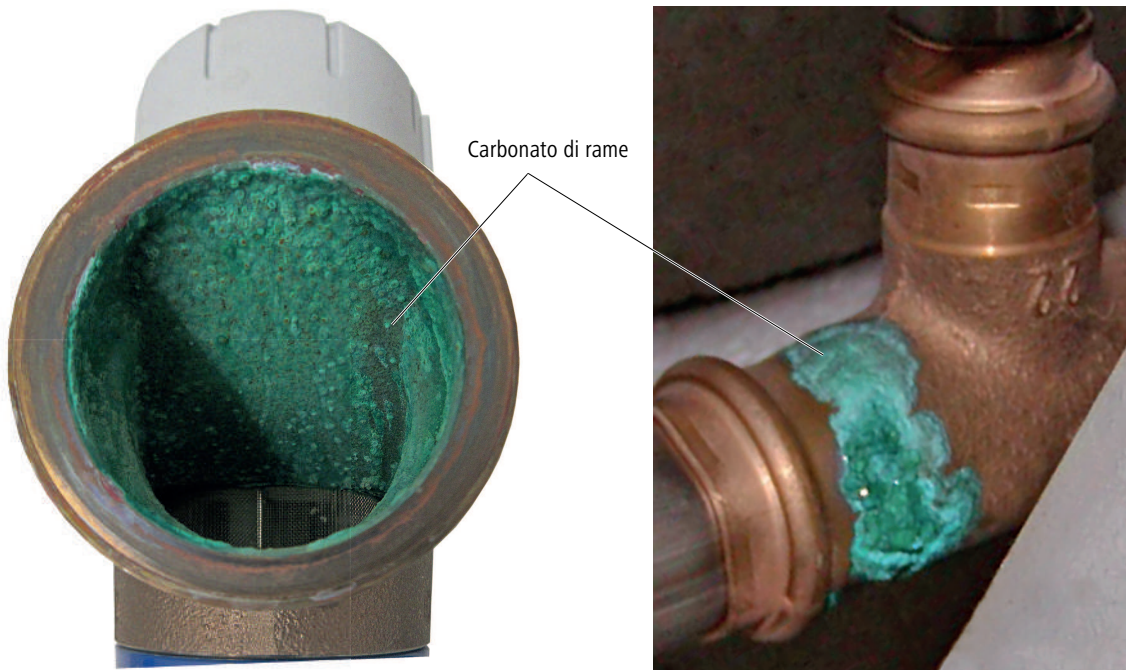


Fig. 42: A sinistra: carbonato di rame sui lati interni di un riduttore di pressione. A destra: carbonato di rame sui lati esterni di un pezzo a Ti.

I seguenti materiali in rame Nussbaum possono formare carbonato di rame:

- Bronzo CC246EK
- Bronzo CC499K
- Ottone CW617N
- Cuphin CW724R

6 Invecchiamento dei materiali sintetici

Le sostanze organiche (materiali sintetici) sono soggette all'invecchiamento. Le cause dell'invecchiamento dipendono dal materiale.

Polimeri:

- Raggi UV
- Invecchiamento termico (termo-ossidazione)
- Screpolature (sollecitazioni di trazione e agenti chimici)

Elastomeri:

- Rigonfiamento
- Decomposizione termica
- Attacco da parte di sostanze polari (ad esempio acqua)

6.1 Comportamento a scorrimento di tubi in materiale sintetico

Il comportamento a scorrimento è una caratteristica importante dei tubi in materiale sintetico e corrisponde alla durata prevista dei tubi in materiale sintetico soggetti a pressione interna. Pressione, temperatura e medi influiscono in modo significativo sul comportamento a scorrimento.

Le procedure di prova standardizzate consentono di effettuare previsioni sulla durata di vita dei tubi in materiale sintetico. Con tempi di prova sufficientemente lunghi, il comportamento a scorrimento di tubi in materiale sintetico presenta la curva mostrata nel diagramma seguente, in cui si rilevano tre diversi intervalli.

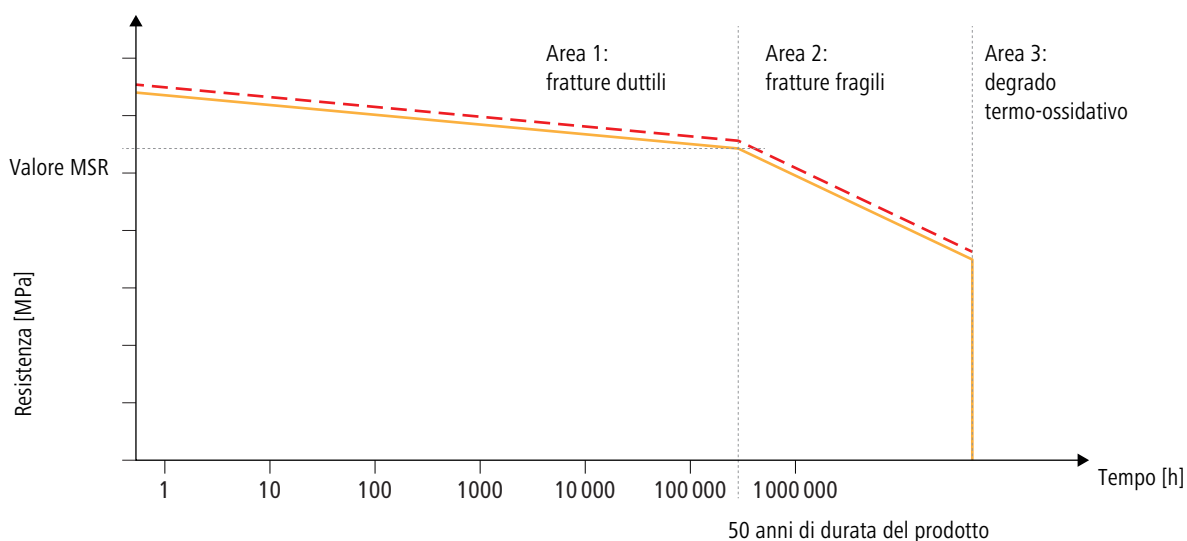


Fig. 43: Comportamento a scorrimento e valore MSR (minimum required strength / valore di resistenza minima richiesta) di tubi in materiale sintetico (fonte: SKZ Würzburg).

Area	Tipo di frattura
1	Frattura per cedimento duttile Le sollecitazioni di trazione superano il limite di snervamento del tubo in materiale sintetico
2	Frattura fragile dovuta a un cedimento quasi fragile Formazione di cricche da stress e crescita lenta delle cricche
3	Frattura fragile dovuta a degrado termo-ossidativo Infragilimento del materiale e formazione di numerose cricche lungo la circonferenza del tubo in materiale sintetico.

Tabella 6: Descrizione dei tipi di frattura su tubi in materiale sintetico.

Il valore MSR indica la resistenza alla pressione interna a lungo termine per 50 anni (misurata a una temperatura media di 20 °C).

6.2 Immagini del danno

Le seguenti immagini del danno servono a illustrare i diversi tipi di frattura su tubi in materiale sintetico.

Immagine	Tipo di frattura
	Frattura per cedimento duttile su un tubo PEX
	Frattura fragile dovuta a un cedimento quasi fragile su un tubo in polibutene
	Frattura fragile dovuta a degrado termo-ossidativo su un tubo in materiale sintetico

Tabella 7: Immagini del danno dovuto a tipi di frattura su tubi in materiale sintetico.

7 Luoghi di comparsa della corrosione

7.1 Corrosione esterna

Con corrosione esterna si indicano fenomeni di corrosione all'esterno di componenti di tubazioni quali, ad esempio, rubinetteria, tubi e fitting.

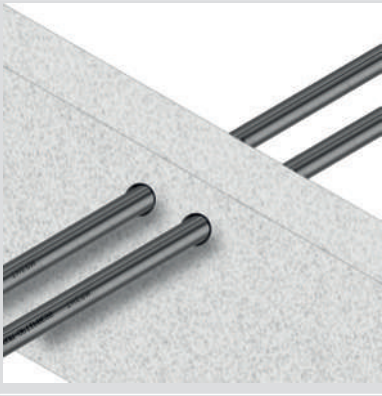
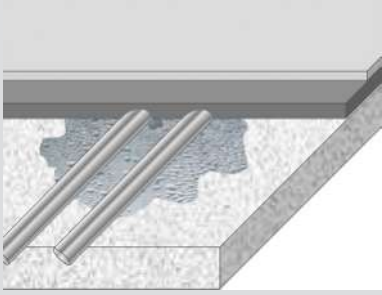
Le cause della corrosione esterna sono:

- Combinazione di materiali da costruzione con umidità
- Ambiente corrosivo (gas, acidi, alcali)

7.1.1 Strutture di soffitti e pareti

Le strutture di soffitti e pareti contengono spesso sostanze contenenti a loro volta cloro che, in combinazione con l'umidità, possono causare la corrosione delle tubazioni.

La tabella seguente riporta situazioni costruttive tipiche.

Situazione costruttiva	Descrizione
	Attraversamenti di soffitti
	Attraversamenti di pareti
	Bettoncini

7.1.2 Isolamenti termici

La corrosione sotto l'isolamento termico causa il 40-60 % dei costi di manutenzione delle tubazioni in tutto il mondo.

L'isolamento termico viene prodotto utilizzando agenti schiumogeni (agenti espandenti) che reagiscono con l'umidità formando sostanze corrosive come l'ammoniaca. Negli isolamenti termici si possono trovare anche composti di cloro. In combinazione con l'umidità, queste sostanze possono causare la corrosione delle parti metalliche.

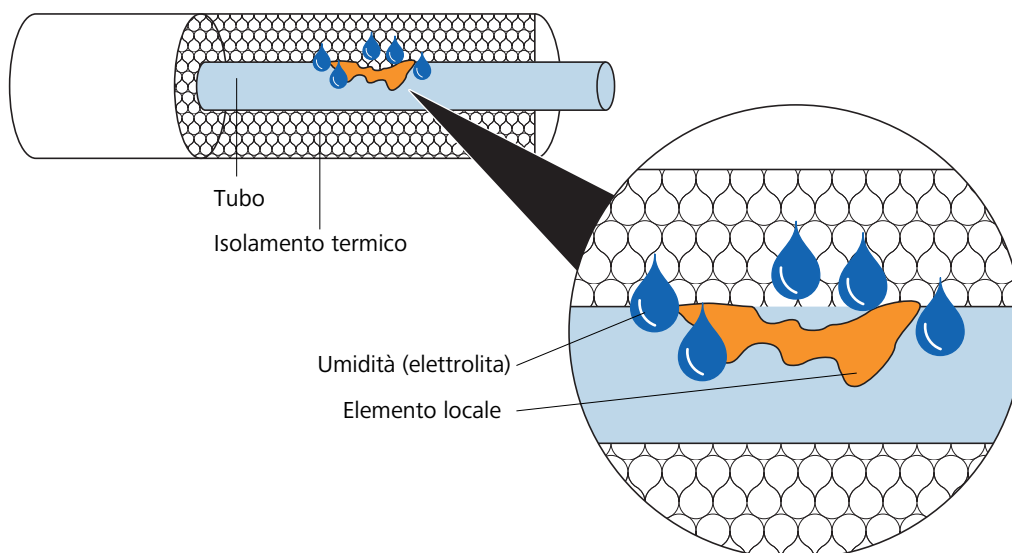


Fig. 44: Corrosione sotto l'isolamento termico.

Materiali utilizzati per isolamento termico:

- Lana di vetro
- Lana minerale
- Schiuma poliuretanica rigida (PUR)
- Schiume elastomeriche (FEF)
- Schiume di polietilene (PEF)

Per evitare che l'umidità penetri tra l'isolamento termico e la tubazione è necessario utilizzare guarnizioni, rivestimenti o rivestimenti protettivi **non porosi**.

7.2 Corrosione interna

Con corrosione interna si indicano fenomeni di corrosione all'interno di componenti di tubazioni quali, ad esempio, rubinetteria, tubi e fitting.

7.2.1 Corrosione in tubi di riscaldamento

La corrosione in tubi di riscaldamento può essere dovuta a svariate cause. Una di queste è l'elevato contenuto di ossigeno nell'acqua di riscaldamento. L'ossigeno ha sempre un potenziale elettrochimico più elevato rispetto a quello di metalli comuni quali, ad esempio, l'acciaio al carbonio non legato. Il risultato è la corrosione. La ragione di un elevato contenuto di ossigeno è spesso un apporto involontario di ossigeno, ad esempio:

- Tubi in materiale sintetico permeabili all'ossigeno
- Acqua potabile come acqua di riscaldamento
- Valvole di espansione

Le seguenti linee guida contengono fondamenti di progettazione importanti:

- SITC BT102-01 «Qualità dell'acqua negli impianti di tecnica della costruzione»
- SITC HE301-01 «Dispositivi tecnici di sicurezza per gli impianti di riscaldamento»

8 Protezione contro la corrosione

8.1 Protezione attiva contro la corrosione

Nella protezione attiva contro la corrosione, i processi elettrochimici di corrosione vengono modificati attivamente dal processo di protezione, ad esempio influenzando la concentrazione di ioni nell'elettrolita.

8.1.1 Trattamento dell'acqua potabile

Il trattamento dell'acqua potabile o la composizione dell'acqua possono essere effettuati, a livello centrale, dalla centrale idrica, ad esempio mediante unione con acido carbonico. L'acido carbonico presente nell'acqua potabile può impedire la formazione di strati di calcare inibitori della corrosione (strati superiori) nelle tubazioni e portare alla corrosione dei componenti in rame e acciaio.

Il trattamento decentralizzato dell'acqua potabile negli edifici può includere, ad esempio, il dosaggio di minerali. L'impiego di filtri impedisce l'ingresso di sostanze estranee nel sistema di condutture.

8.1.2 Mantenere puliti gli impianti di acqua potabile

8.1.2.1 Lavaggio di impianti di acqua potabile

Il lavaggio delle condutture di acqua potabile secondo la norma SSIGA W3/C3 prima dell'esercizio conforme alle disposizioni serve a rimuovere eventuali sostanze estranee corrosive come, ad esempio, trucioli di lavorazione, residui di processi di saldatura e brasatura nonché sabbia.

8.1.2.2 Lavorazione idonea al materiale

Gli errori nella lavorazione di tubi possono causare danni da corrosione, ad esempio gli utensili devono essere utilizzati in modo specifico per il materiale, al fine di ottenere una lavorazione efficiente ed evitare l'ingresso di trucioli di materiali diversi. Gli effetti di diversi trucioli metallici sui tubi in acciaio sono stati analizzati in prove di laboratorio. I trucioli metallici sono stati inseriti in tubi in acciaio e acciaio inossidabile – e in seguito cosparsi di una soluzione salina. Successivamente, i tubi sono stati stoccati per alcune ore.

L'immagine seguente mostra i trucioli metallici completamente corrosi, rimossi dopo una prova – e i loro prodotti di corrosione nel tubo in acciaio inossidabile. I prodotti di corrosione sono costituiti da strati che aderiscono poco alla superficie del tubo e possono quindi essere rimossi per la maggior parte, ma i depositi più fini rimangono attaccati. Il tubo in acciaio inossidabile non presenta alcun attacco di corrosione visibile.

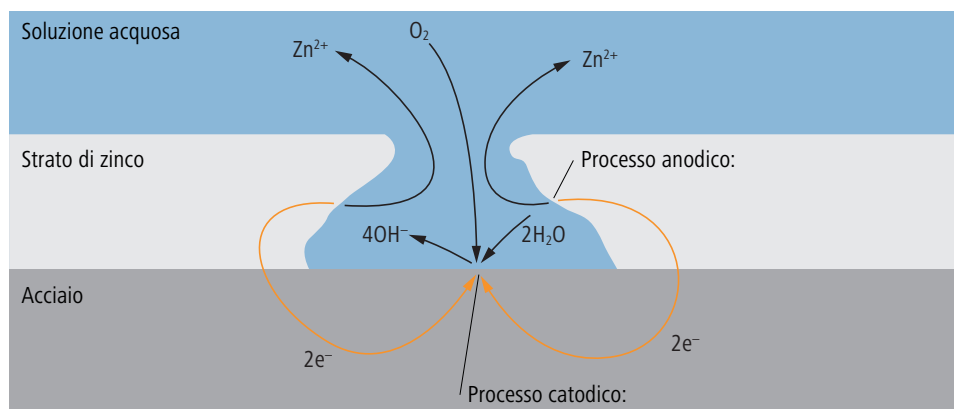


Fig. 45: Corrosione di trucioli metallici in un tubo in acciaio inossidabile.

1	Trucioli di ferro 1.0037 corrosi
2	Tubo in acciaio inossidabile 1.4401
3	Depositi (prima della rimozione mediante lavaggio)

8.1.3 Protezione catodica contro la corrosione

Nella protezione catodica contro la corrosione, un metallo meno nobile funge da anodo e il metallo da proteggere da catodo nel sistema di corrosione. Nel processo, il metallo meno nobile viene dissolto al posto di quello più nobile (principio di funzionamento dell'anodo sacrificale).



Processo anodico: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

Processo catodico: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

Fig. 46: Protezione catodica contro la corrosione mediante zincatura.

Un esempio di protezione catodica contro la corrosione è la zincatura dei tubi in acciaio al carbonio: lo strato di zinco sui tubi in acciaio al carbonio crea una protezione attiva contro la corrosione agendo come anodo sacrificale per l'acciaio più nobile. L'effetto catodico dello strato di zinco impedisce la corrosione dell'acciaio. Per la zincatura dei componenti si utilizzano diversi processi come la zincatura a caldo o la zincatura per immersione.



Fig. 47: Tubo Optipress-Therm in acciaio non legato 1.0034 zincato.

8.1.4 Anodo protettivo

Gli anodi protettivi sono utilizzati per la protezione catodica contro la corrosione di strutture metalliche che si trovano in acqua o nel terreno.

Gli scaldacqua ad accumulo sono spesso costituiti da un serbatoio in acciaio con un rivestimento interno smaltato come strato protettivo. Lo strato protettivo non può tuttavia essere prodotto completamente privo di crepe. In presenza di minuscole crepe nel rivestimento smaltato si formano elementi galvanici e, di conseguenza, correnti di corrosione, con l'acqua calda nel serbatoio di accumulo che funge da elettrolita. L'anodo protettivo in magnesio comune si dissolve al posto dell'acciaio (di qui anche la denominazione «anodo sacrificale»). Gli ioni di magnesio disciolti si depositano nelle cricche dell'acciaio inossidabile del serbatoio (catodo) e formano uno strato protettivo. Gli ioni di magnesio disciolti nell'acqua calda sono innocui in termini di igiene dell'acqua.

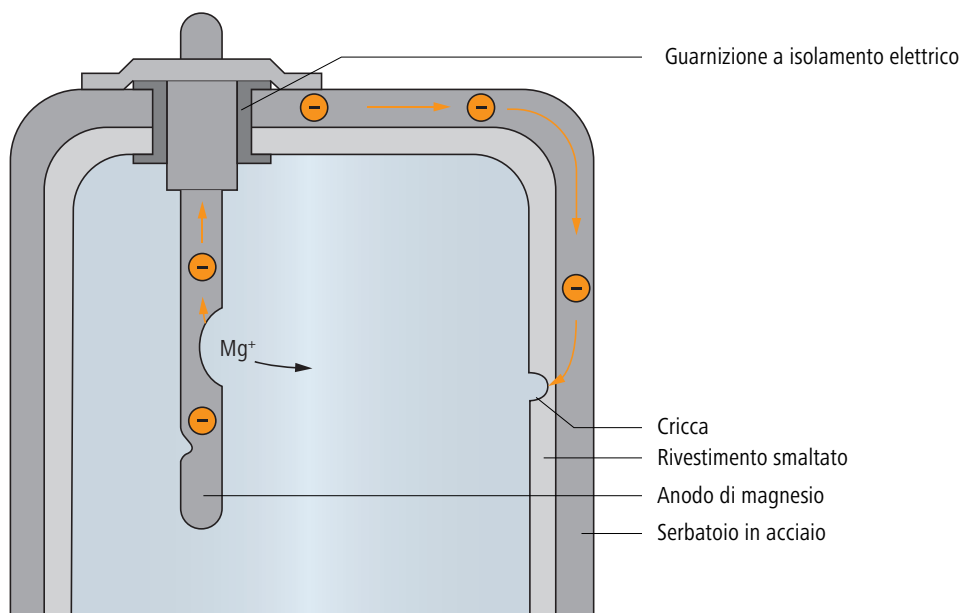


Fig. 48: Principio di funzionamento dell'anodo protettivo (immagine: Blickle, Installationstechnik)

8.1.5 Anodo a corrente esterna

L'anodo a corrente esterna protegge dalla corrosione elettrochimica i serbatoi di accumulo in acciaio con rivestimento smaltato. In presenza di minuscole crepe nel rivestimento smaltato, l'anodo a corrente esterna fornisce la corrente di protezione da una fonte di energia elettrica esterna (protezione a corrente esterna). A differenza degli anodi sacrificali, l'anodo a corrente esterna non richiede alcuna manutenzione.

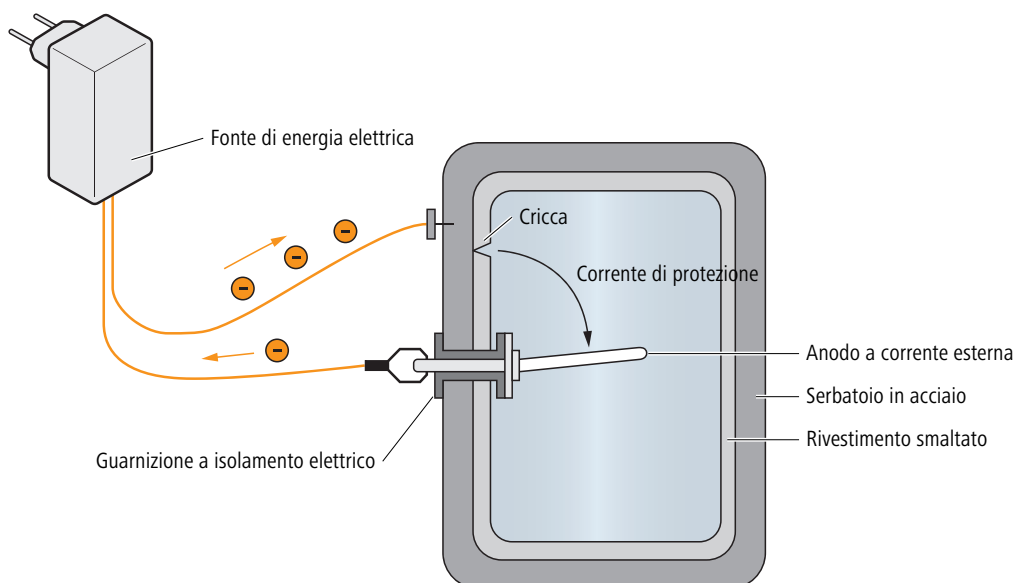


Fig. 49: Anodo a corrente esterna (immagine: Blickle, Installationstechnik)

8.2 Protezione passiva contro la corrosione

La protezione passiva contro la corrosione viene realizzata rivestendo le superfici metalliche con materiali sintetici, metalli, ossidi metallici o ceramiche.

8.2.1 Acciai inossidabili

L'acciaio inossidabile è caratterizzato dall'elemento di lega cromo (con una percentuale di lega di almeno il 10.5 %). Attraverso l'ossidazione, il cromo forma sulla superficie del metallo uno strato passivo che riduce notevolmente la corrosione. Una percentuale di lega del cromo a partire da circa il 12 % previene pressoché completamente l'erosione della superficie metallica per corrosione superficiale.

Il diagramma seguente mostra la correlazione tra il contenuto di cromo e la perdita di massa dovuta alla corrosione su acciai legati al cromo.

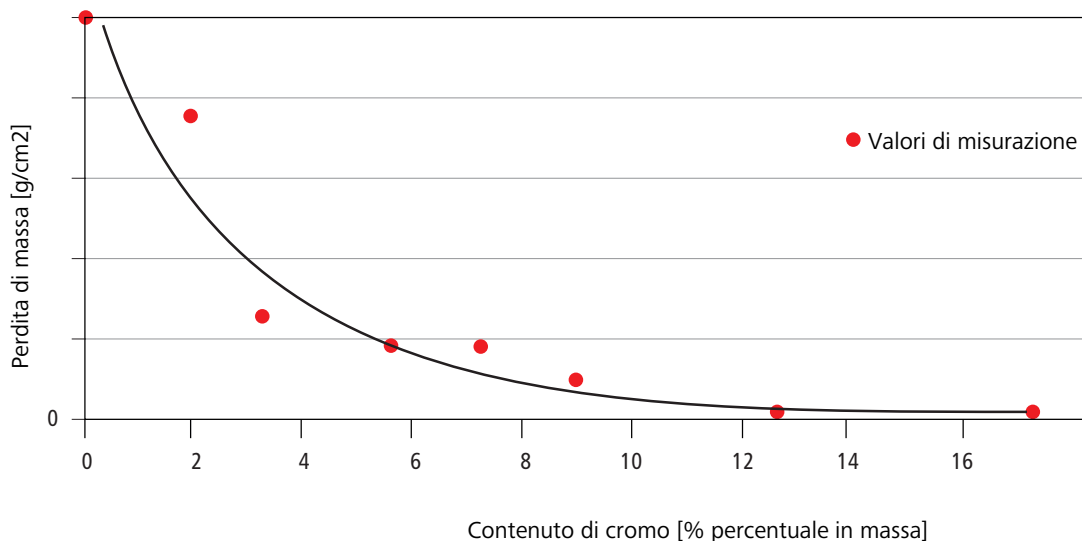
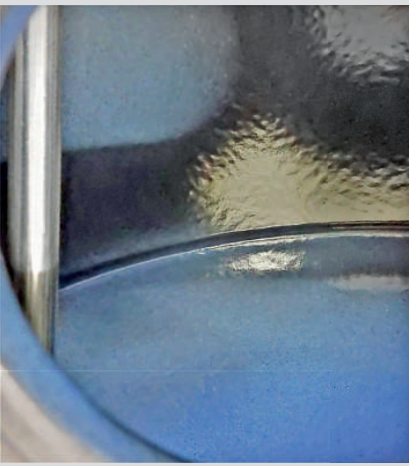
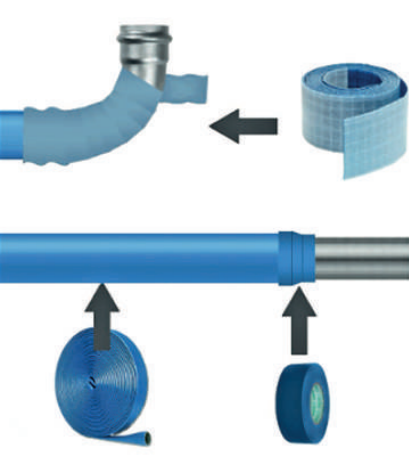


Fig. 50: Perdita di massa dovuta alla corrosione di acciai con diverso contenuto di cromo (immagine: Boniardi, Metallurgia degli acciai).

8.2.2 Rivestimenti protettivi

I rivestimenti protettivi impediscono al metallo di entrare in contatto con il medio corrosivo.

Rivestimento protettivo	Immagine	Descrizione
Rivestimenti protettivi metallici		I rivestimenti protettivi metallici possono essere prodotti con processi galvanici. Le reazioni elettrochimiche che avvengono in questi processi creano sul componente uno strato metallico protettivo. L'immagine mostra lo scambiatore di calore rivestito in rame, incorporato nello scaldacqua a pompa di calore Aquapro-Ecotherma 200.
Rivestimenti smaltati		I rivestimenti smaltati sono una comune protezione passiva contro la corrosione negli scaldacqua ad accumulo. L'immagine mostra il rivestimento smaltato dello scaldacqua ad accumulo incorporato nello scaldacqua a pompa di calore Aquapro-Ecotherma 200.
Guaine di protezione e fasce		Guaine di protezione e fasce in materiale sintetico proteggono i componenti delle condutture dall'umidità e dal contatto con altre sostanze corrosive.

8.3 Protezione strutturale contro la corrosione

Protezione strutturale contro la corrosione significa selezionare componenti e materiali in modo tale da prevenire il più possibile fenomeni di corrosione durante la vita utile dell'impianto idrosanitario. Comprende una progettazione e un'installazione a norma dell'impianto idrosanitario. Laddove non sia possibile evitare installazioni miste è necessario rispettare la regola del flusso e le indicazioni del produttore sulla compatibilità dei materiali.

8.3.1 Selezione dei materiali

La combinazione dei materiali consente di ottenere caratteristiche ottimali quali resistenza, isolamento termico ed ergonomia delle diverse parti di un impianto. Ciò comporta tuttavia lo svantaggio di creare combinazioni di materiali che possono aumentare la suscettibilità alla corrosione. In fase di costruzione occorre trovare la soluzione ottimale tra le caratteristiche chimiche e fisiche dei materiali. Il grafico seguente riassume i possibili fattori d'influenza che possono portare alla corrosione.

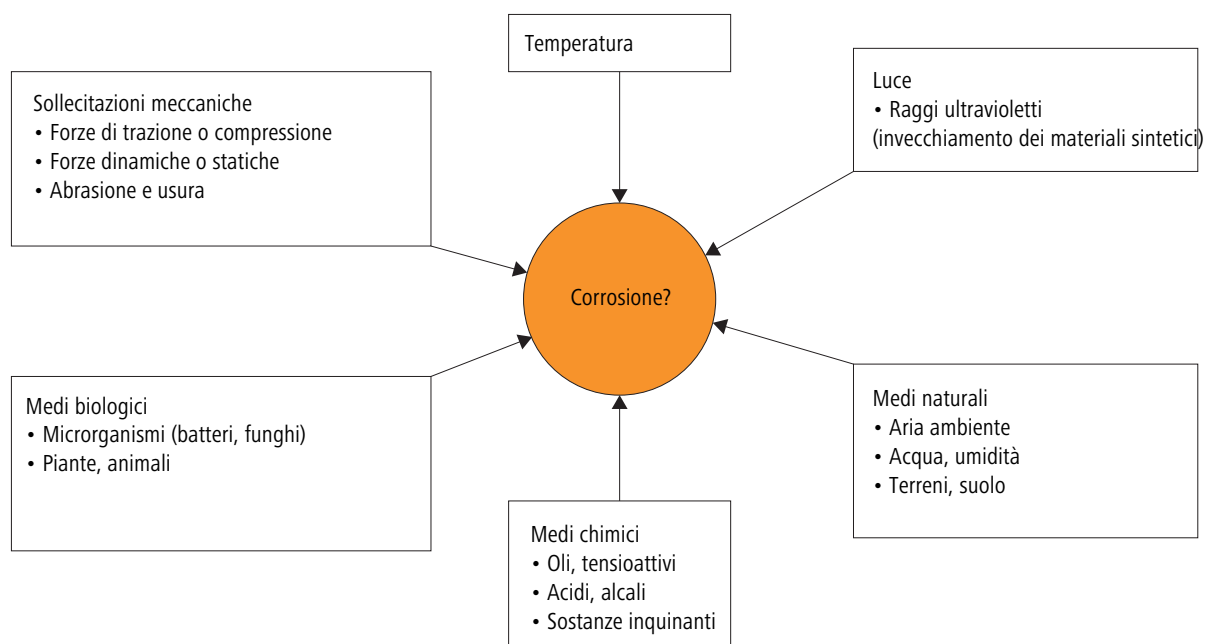


Fig. 51: Fattori d'influenza per la corrosione.

8.3.2 Installazioni miste

Con installazioni miste si intendono installazioni in cui i componenti di condutture quali tubi, fitting, flange, compensatori e rubinetteria sono realizzati in materiali metallici di diverso tipo. Nelle installazioni miste sussiste il rischio di corrosione bimetallica dovuta a reazioni elettrochimiche. Per impedire la corrosione bimetallica nelle installazioni miste è necessario osservare le seguenti regole:

- I componenti di condutture in acciaio inossidabile non possono essere collegati direttamente con componenti di condutture in acciaio non legato o in rame. Per realizzare tali collegamenti è necessario impiegare elementi di collegamento idonei, ad esempio in bronzo.
- I componenti di condutture in rame non possono essere montati a monte di componenti di condutture realizzati in materiali ferrosi zincati. Per evitare l'ingresso di ioni di rame nei pezzi di tubo in acciaio zincato va considerata la direzione di flusso.

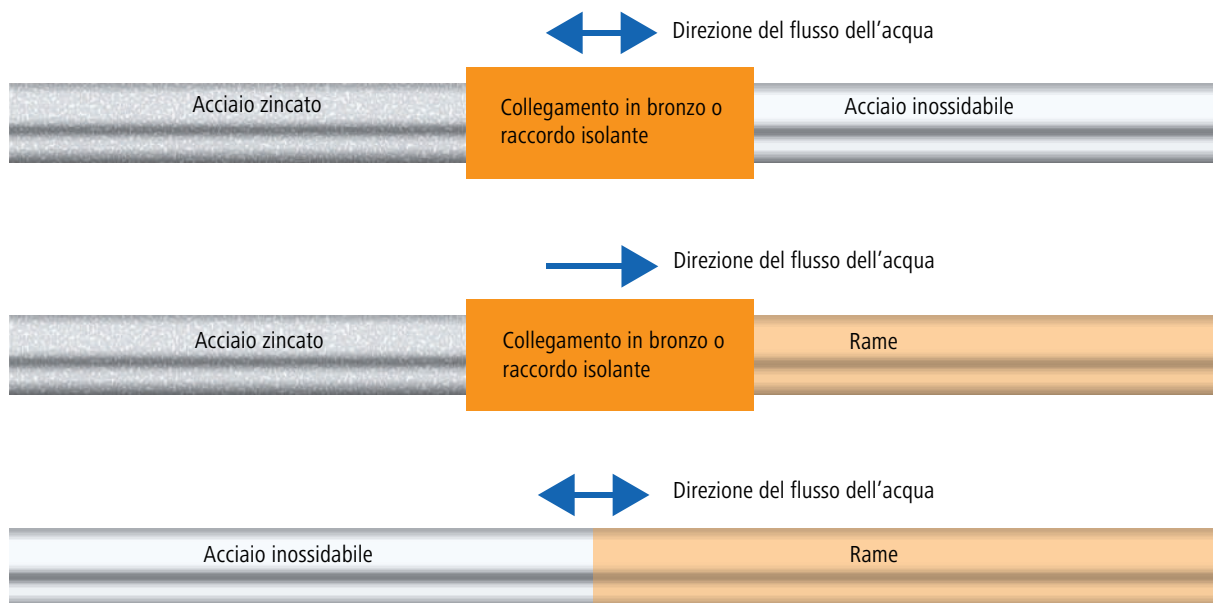


Fig. 52: Regola del flusso nelle installazioni miste

La differenza di potenziale tra il rame e l'acciaio inossidabile è ridotta, pertanto non è necessario un collegamento in bronzo. Il collegamento è necessario solo in caso di rapporto sfavorevole tra le aree di rame e di acciaio inossidabile, ossia con superficie in rame minore e superficie in acciaio maggiore.

Per evitare la corrosione bimetallica nelle installazioni miste, al posto dei collegamenti fissi in bronzo si possono utilizzare isolamenti. Come isolante si può impiegare, ad esempio, il raccordo isolante Optipress-Aquaplast 81042.

Per ulteriori informazioni sulle installazioni miste con prodotti della Nussbaum si prega di consultare le descrizioni dei sistemi corrispondenti.

Di seguito sono riportati alcuni esempi dalla prassi.

Per garantire la protezione strutturale contro la corrosione nella prassi, la Nussbaum consiglia una serie di installazioni miste con prodotti Nussbaum.

8.3.2.1 Installazioni miste consentite con Optipress-Aquaplus

Rispettando le regole menzionate sono possibili le seguenti installazioni miste omologate dal punto di vista della protezione contro la corrosione:

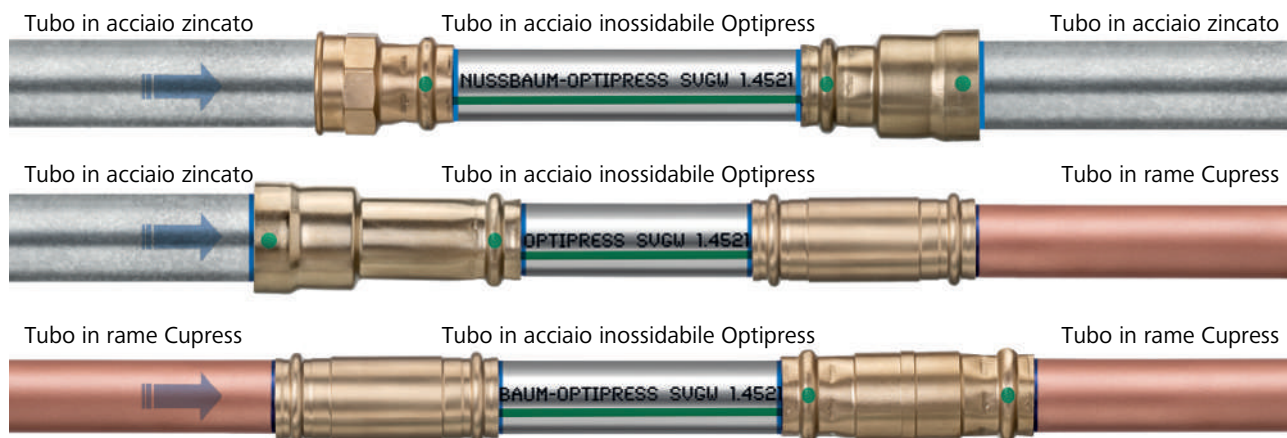


Fig. 53: Installazioni miste consentite con Optipress-Aquaplus

NOTA

Corrosione da contatto in caso di montaggio non corretto

Quando si utilizzano manicotti passanti, i tubi all'interno del manicotto passante possono venire a contatto. Nel caso di tubi con materiali diversi, ciò può causare la corrosione da contatto.

- Quando si utilizzano manicotti passanti demarcare accuratamente la profondità d'innesto per assicurarsi che tubi in materiali diversi non vengano a contatto durante l'accoppiamento.

8.3.2.2 Installazioni miste consentite con Optipress-Therm

Rispettando le regole menzionate sono possibili le seguenti installazioni miste omologate dal punto di vista della protezione contro la corrosione:

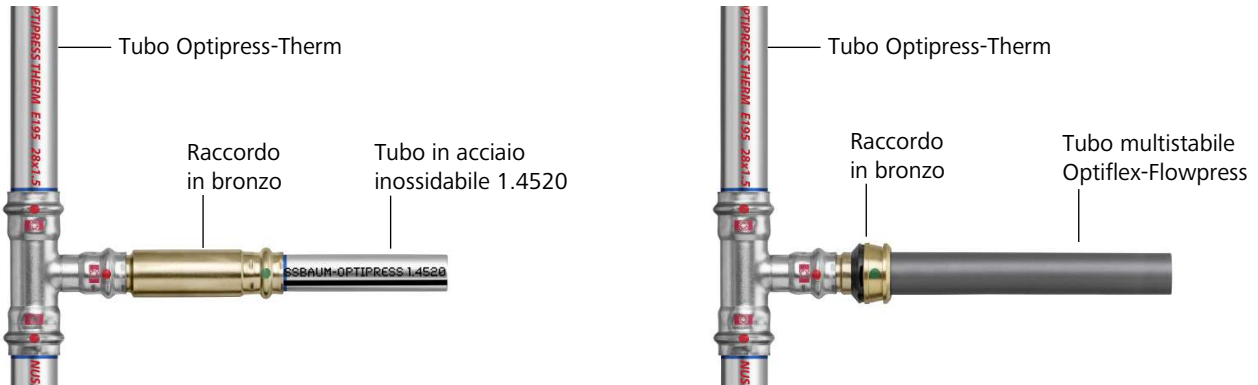


Fig. 54: Installazioni miste consentite di Optipress-Therm su Optipress-Aquaplast e Optiflex-Flowpress

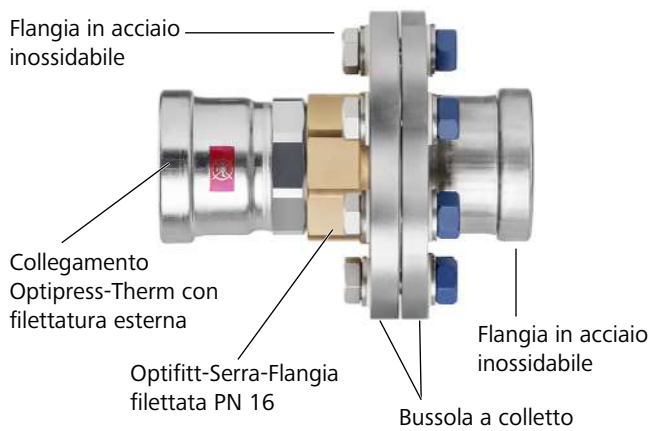


Fig. 55: Installazioni miste consentite con Optipress-Therm-XL

8.3.2.3 Installazioni miste consentite con Optipress-Gaz

Rispettando le regole menzionate sono possibili le seguenti installazioni miste omologate dal punto di vista della protezione contro la corrosione:

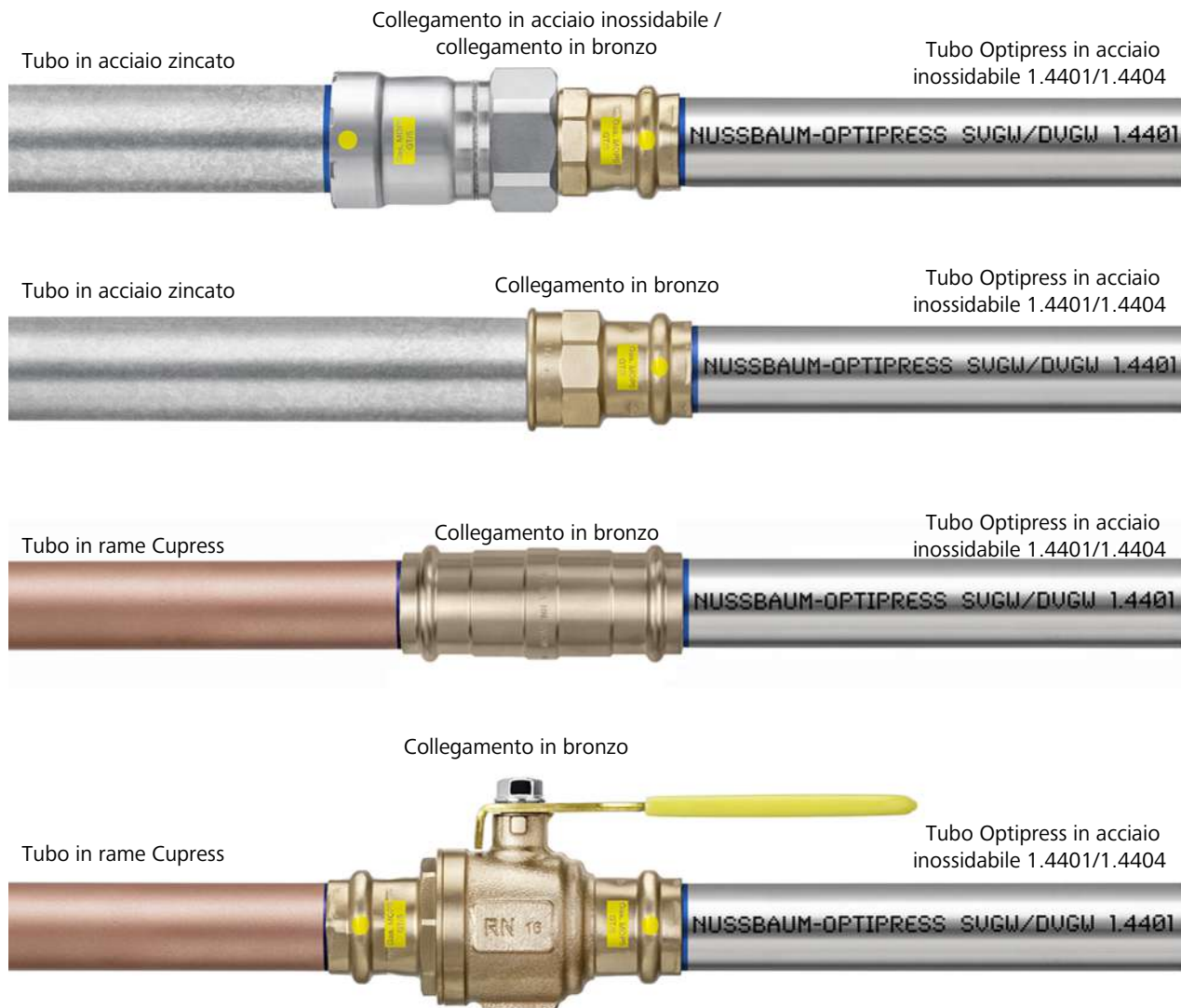


Fig. 56: Installazioni miste consentite con Optipress-Gaz

NOTA

Corrosione da contatto in caso di montaggio non corretto

Quando si utilizzano manicotti passanti, i tubi all'interno del manicotto passante possono venire a contatto. Nel caso di tubi con materiali diversi, ciò può causare la corrosione da contatto.

- Quando si utilizzano manicotti passanti demarcare accuratamente la profondità d'innesto per assicurarsi che tubi in materiali diversi non vengano a contatto durante l'accoppiamento.

8.3.2.4 Installazioni miste consentite con manicotti per tubo 83090

Le installazioni miste possono essere realizzate con il manicotto per tubo 83090.

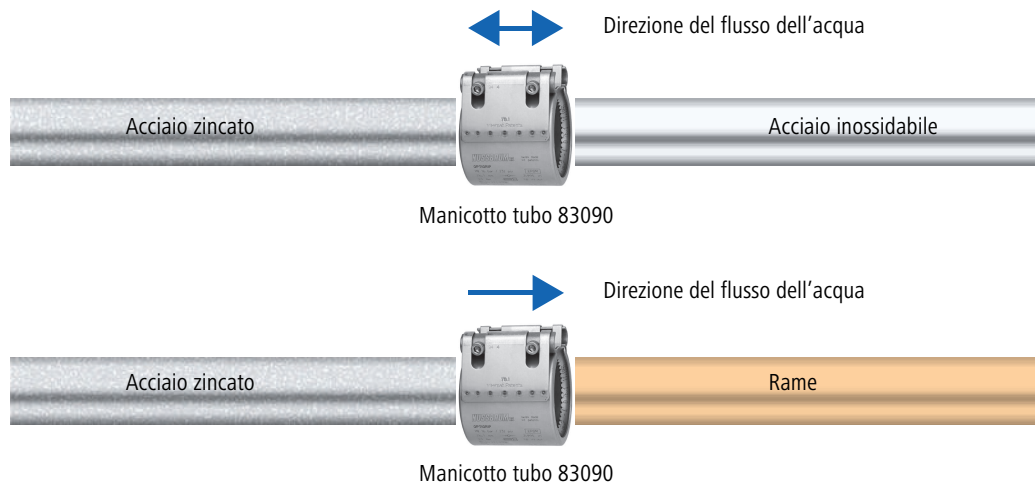


Fig. 57: Installazioni miste consentite con manicotto per tubo 83090.

In fase di montaggio dei manicotti per tubo occorre rispettare la distanza all'estremità del tubo, come specificato nelle istruzioni di montaggio relative al manicotto per tubo.

9 Materiali

I materiali possono essere suddivisi nelle seguenti classi:

- Metalli
- Materiali sintetici
- Elastomeri
- Materiali cellulari (schiume)
- Materiali compositi
- Ceramiche tecniche
- Materiali naturali (legni)

9.1 Metalli

9.1.1 Acciaio al carbonio

Per la fabbricazione dei prodotti Nussbaum si utilizzano gli acciai al carbonio elencati di seguito.

Prodotto	Materiale
Fitting Optifitt-Press	Acciaio 1.0308 con rivestimento in zinco-nichel
Tubi Optipress-Therm	Acciaio 1.0037 zincato
Fitting Optipress-Therm	Acciaio 1.0308 zincato

9.1.2 Acciaio inossidabile

Nella rubinetteria della Nussbaum, i componenti sottoposti a sollecitazione elevata come, ad esempio, le sedi delle valvole sono generalmente realizzati in acciaio inossidabile. La rubinetteria dei sistemi Optipress della Nussbaum è completamente realizzata in acciaio inossidabile.

L'acciaio inossidabile non cede ioni metallici ai medi e non offre terreno fertile per i microorganismi. Viene così eliminato qualunque rischio per le persone e l'ambiente. L'utilizzo dell'acciaio inossidabile permette di raggiungere il miglior livello possibile di purezza e igiene.

9.1.2.1 Acciai inossidabili a raffronto

La tabella seguente contiene un raffronto tra gli acciai inossidabili utilizzati dalla Nussbaum.

Caratteristica	1.4401/04/08	1.4521	1.4520
Composizione chimica	X5CrNiMo 17-12-2	X2CrMoTi 18-2	X2CrTi 17
Tipo di struttura	Austenite	Ferrite	Ferrite
Impiego	Fitting per gas Tubi per gas Fitting per acqua potabile	Tubi per acqua potabile	Tubi industriali
Certificazione SVGW acqua potabile	Sì	Sì	No
TÜV Direttiva UE Attrezzature a Pressione	Sì	Sì	Sì
Certificazione TÜV acetilene e ossigeno	Sì	Sì	Sì
Certificazione VdS impianti sprinkler	Sì	Sì	Sì

9.1.3 Leghe di rame (bronzo e ottone)

Come materiale, il bronzo può essere combinato con tutti i materiali d'installazione noti. Le leghe utilizzate dalla Nussbaum sono resistenti alla corrosione nell'utilizzo in acqua potabile e sono inoltre resistenti ai tipi di corrosione più frequenti, vale a dire alla tensocorrosione e alla corrosione per dezincificazione.

Le leghe di bronzo della Nussbaum sono riportate nella norma europea EN 1982 con il codice materiale CC499K e CC246E. Entrambe sono parte integrante della lista positiva 4MS, riconosciuta dalla SVGW, riferita ai materiali metallici igienicamente idonei per l'uso con acqua potabile.

Composizione metallurgica secondo EN 1982:

- CC499K, CuSn5Zn5Pb2, contenente piombo
- CC246E: CuSi4Zn9MnP, senza piombo (REACH: con una concentrazione di piombo < 0.1 % come contaminante di lega, la lega viene considerata senza piombo)

L'ottone viene utilizzato per applicazioni con requisiti ridotti. I codici materiale CW617N e CW724R sono riportati nella norma EN 1982. Entrambe le leghe di ottone sono parte integrante della lista positiva 4MS, riconosciuta dalla SVGW, riferita ai materiali metallici igienicamente idonei per l'uso con acqua potabile.

Composizione metallurgica secondo EN 1982:

- CW617N: CuZn40Pb2, contenente piombo
- CW724R: CuZn21Si3P, senza piombo, con tenore ridotto di nichel (REACH: con una concentrazione di piombo < 0.1 % come contaminante di lega, la lega viene considerata senza piombo)

Per il rivestimento delle leghe di rame viene utilizzata la cromatura o la nichelatura. La nichelatura non è tuttavia consentita in combinazione con materiali destinati al contatto con acqua potabile.

Da subito, la fonderia della Nussbaum lavora al 100 % senza piombo (www.nussbaum.ch/senza-piombo).

9.1.3.1 Leghe di rame a raffronto

La tabella seguente contiene un raffronto tra le leghe di rame utilizzate dalla Nussbaum.

Caratteristica	Bronzo CC246E	Cuphin CW724R	Bronzo CC499K	Ottone CW617N
Denominazione	RgN	Cuphin	Rg5	Ms
Composizione chimica	CuSi4Zn9MnP	CuZn21Si3P	CuSn5Zn5Pb2	CuZn40Pb2
Elemento di lega piombo	No	No	Si	Si
Tipo di corrosione specifica****		Corrosione selettiva		Tensocorrosione, dezincificazione
Idoneità per acqua potabile riconosciuta dalla SVGW	Si	Si	Si*	Si*
Omologazione REACH 2019	Si	Si	No**	No**
Certificato Minergie-ECO	Si	Si	No***	No***
Senza minerali di conflitto	Si	Si	No	Si

* Componente della lista positiva 4MS (UBA), riconosciuta dalla SVGW, riferita ai materiali metallici idonei

** Il piombo è considerato una sostanza pericolosa con un probabile divieto di utilizzo a partire dal 2022, anche come elemento di lega (obbligo di dichiarazione)

*** Possibile rilascio del certificato in casi eccezionali (in assenza di materiali alternativi)

**** Le leghe di rame che vengono a contatto con l'acqua potabile formano spesso carbonati di rame. Questi prodotti di corrosione possono avere un aspetto verdastro e sono causati dalla corrosione superficiale o dalla corrosione per vaiolatura.

REACH: Regolamento UE (Unione europea) sulla registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione di sostanze chimiche (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)

Da subito, la fonderia della Nussbaum lavora al 100 % senza piombo (www.nussbaum.ch/senza-piombo).

9.1.3.2 Avvertenze sulle leghe di rame contenenti piombo

Ai sensi dell'art. 71 dell'Ordinanza sui prodotti chimici (OPChim) e in applicazione del Regolamento REACH dell'UE art. 33 informiamo che nei prodotti in bronzo (CC499K) e ottone (CW617N) è contenuta la sostanza «piombo» (numero CAS 7439-92-1) in una concentrazione superiore allo 0.1 % in massa. Il piombo è incorporato nei prodotti come elemento di lega. Se tali prodotti vengono impiegati e lavorati in modo corretto e conforme alle disposizioni non sono necessarie particolari misure di sicurezza.

I componenti in bronzo (CC499K) e ottone (CW617N) installati in impianti di acqua potabile possono determinare un superamento del valore limite fissato per il piombo. Dettagli in merito sono contenuti nell'OPPD (Ordinanza del DFI sull'acqua potabile e sull'acqua per piscine e docce accessibili al pubblico). Il superamento del valore limite può avvenire in funzione delle superfici bagnate e della qualità dell'acqua potabile. Per impianti soggetti al requisito «senza piombo» raccomandiamo di utilizzare prodotti in bronzo (CC246E), acciaio inossidabile o altri materiali senza piombo. Nell'Online-Shop della Nussbaum sono disponibili le precise e aggiornate specifiche tecniche dei materiali riguardanti i nostri prodotti.

9.1.3.3 Minerali di conflitto

Il termine «minerali di conflitto» si riferisce a materie prime o minerali che provengono da una specifica parte del mondo, in cui regnano conflitti che riguardano l'estrazione e il commercio di questi materiali (secondo www.ecovadis.com).

I materiali elencati di seguito sono considerati critici in termini di estrazione:

- Oro (Au)
- Stagno (Sn)
- Cobalto (Co)
- Tungsteno (W)

Un esempio per evitare i materiali di conflitto alla Nussbaum: passando dalla lega di bronzo contenente piombo CC499K alla lega di bronzo senza piombo CC246E si elimina anche il materiale di conflitto stagno (Sn).

9.2 Materiali sintetici

I materiali sintetici utilizzati dalla Nussbaum sono selezionati e omologati per i corrispettivi campi d'impiego. I materiali sintetici per le applicazioni con acqua potabile dispongono di una certificazione d'idoneità all'uso igienico con acqua potabile.

Materiali sintetici	Descrizione
PE-Xc	Polietilene flessibile con reticolazione a fasci elettronici
PE-RT	Attraverso l'uso di PE-RT di tipo 2, il polietilene a resistenza termica maggiorata garantisce un'elevata stabilità di lunga durata per applicazioni in combinazione con acqua potabile e soddisfa i requisiti per la classe 2 (10 bar, 70 °C) secondo la norma ISO 22391
PB	Polibutene, più flessibile rispetto a PE-Xc
PPSU	Il polifenilsulfone è un materiale amorfo con un'elevata temperatura di transizione vetrosa e un ridotto assorbimento di umidità. Gli agenti chimici e i gas aggressivi, in particolare quelli a base di solventi, possono causare danni materiali e perdite di tenuta.

Il contatto con sostanze incompatibili con il PPSU può provocare cricche da stress nei componenti del PPSU. Tra le sostanze più comuni incompatibili con il PPSU rientrano:

- Indicazioni generali:
 - Solventi organici quali esteri, fenoli e chetoni
 - Resine reattive quali acrilati, isocianati ed epossidi
- Chimica per l'edilizia:
 - Schiuma PUR
 - Schiuma PUR detergente per pistole (acetone/MEK)
 - Adesivi anaerobici, cianoacrilato, adesivo (C)PVC
 - Primer, pitture, vernici e diluenti contenenti solventi

Quando si utilizzano spray per la ricerca di perdite occorre accertarsi che siano idonei per l'uso su PPSU.

Gli spray per la ricerca di perdite a base di tensioattivi non ionici attaccano le parti in materiale sintetico in PPSU, pertanto devono essere rimossi con acqua dopo l'uso.

Gli spray per la ricerca di perdite compatibili con il PPSU e contenenti tensioattivi anionici non devono essere necessariamente lavati, in quanto non attaccano i componenti in PPSU.

9.3 Elastomeri

Gli elastomeri utilizzati sono selezionati e omologati per il corrispettivo campo d'impiego. Gli elastomeri per le applicazioni con acqua potabile dispongono di una certificazione d'idoneità all'uso igienico con acqua potabile.

Gli elastomeri in EPDM (etilene-propilene-diene) sono realizzati con reticolazione perossidica che ne aumenta la termostabilità. Gli elementi di tenuta in EPDM possono tollerare acqua calda a 90 °C. Per breve tempo sono possibili temperature dell'acqua fino a 180 °C*.

*Ulteriori informazioni sono reperibili nel documento della Nussbaum «Impianti solari termici», ☞ Applicazioni e soluzioni 299.1.080.

L'EPDM non è resistente al gas naturale, agli oli minerali e ai grassi animali.

Gli elastomeri in HNBR (acrilonitrile butadiene idrogenato) sono ottenuti attraverso idrogenazione catalitica dalla NBR e sono resistenti al gas naturale e agli oli minerali.

9.4 Materiali cellulari

Molti materiali possono essere portati in una forma cellulare la cui struttura è caratterizzata da pori aperti e/o chiusi. In linea di massima si tratta di schiume. La forma cellulare estende il campo di applicazione del materiale di base che può essere costituito, ad esempio, da un metallo o un materiale sintetico.

I materiali cellulari come le schiume plastiche sono utilizzati nella tecnica di installazione per isolamenti termici.

La tabella seguente mostra l'impiego di materiali cellulari nei prodotti della Nussbaum.

Prodotto	Materiale isolante
 Guscio isolante per rubinetto da giardino antigelo	Styrotherm
 Guscio isolante di scatole sotto muro	Polipropilene espanso

Tabella 8: Esempi di prodotti con materiali cellulari

9.5 Materiali compositi

I materiali compositi sono miscele o combinazioni di materiali diversi con caratteristiche differenti che insieme formano un materiale con proprietà estese.

I materiali compositi sono utilizzati, ad esempio, nella tecnica di installazione dei tubi. Il tubo Optiflex-Flowpress è costituito da un materiale composito, ovvero un tubo in polietilene combinato con un tubo metallico. Il tubo metallico in alluminio inserito rende il tubo ermetico all'ossigeno riducendone la dilatazione longitudinale.

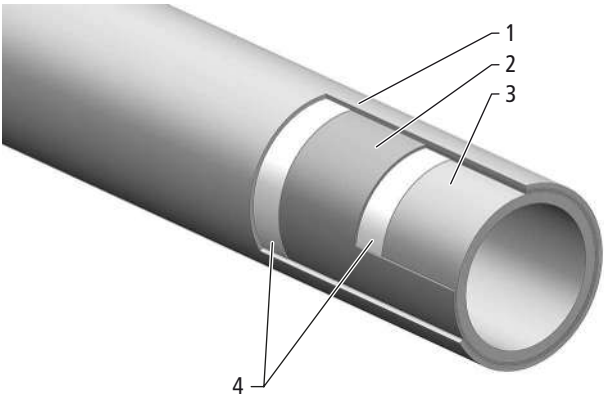


Fig. 58: Tubo Optiflex-Flowpress multistabile.

1	Tubo esterno	Materiale sintetico PE-X
2	Tubo in metallo	Alluminio
3	Tubo interno	Materiale sintetico PE-Xc
4	Stabilizzatore	

9.6 Ceramiche tecniche

Le ceramiche tecniche sono materiali ceramici progettati per applicazioni tecniche. Rispetto alle ceramiche per uso domestico (stoviglie), le ceramiche tecniche vantano caratteristiche ottimizzate rispetto al loro utilizzo, ad esempio maggiore purezza, resistenza al calore e all'abrasione.

La ceramica tecnica è utilizzata per produrre la valvola a disco in ceramica incorporata nella valvola elettronica di regolazione per la circolazione 36020.

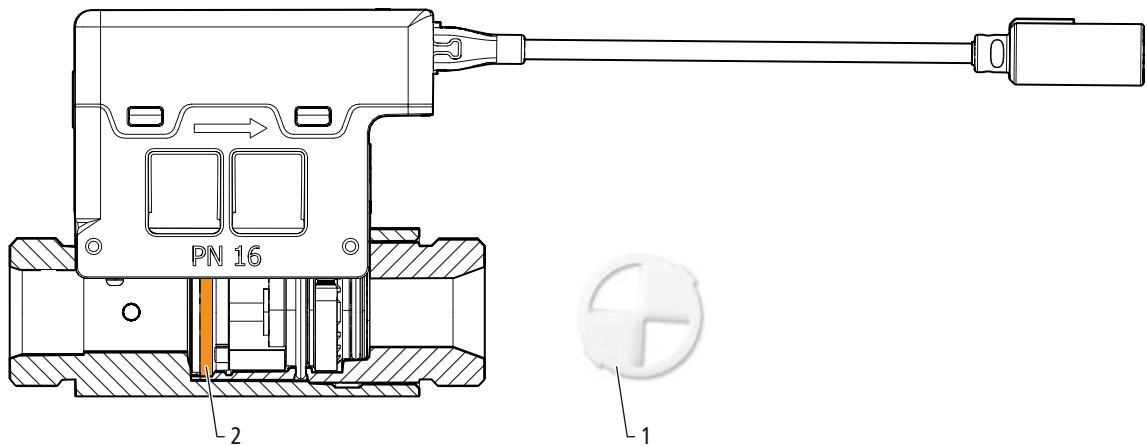


Fig. 59: Sezione trasversale della valvola elettronica di regolazione per la circolazione.

1	Disco in ceramica
2	Posizione di installazione nella valvola di regolazione per la circolazione 36020

Glossario

Agente corrosivo

Sostanza che provoca la corrosione di una superficie metallica.

Anodo

Elettrodo in cui predomina la reazione anodica.

Catodo

Elettrodo in cui predomina la reazione catodica.

Corrosione

La corrosione è la decomposizione di materiali metallici dovuta a reazioni chimiche o elettrochimiche con medi corrosivi quali, ad esempio, acqua e ossigeno.

Danno da corrosione

Compromissione funzionale di un materiale o di un sistema metallico a causa della corrosione.

Durezza dell'acqua

Contenuto di ioni di calcio e magnesio nell'acqua potabile o di riscaldamento in [mol/m³].

Elemento di aerazione

Elemento di corrosione in cui la differenza di potenziale deriva da una differenza nella concentrazione di ossigeno in prossimità degli elettrodi.

Elemento di corrosione

Elemento galvanico cortocircuitato in un sistema di corrosione in cui uno degli elettrodi è formato dal metallo che si corrode.

Elemento galvanico

Combinazione di elettrodi collegati tramite un elettrolita.

Elettrodo

Conduttore di elettroni (ad esempio un pezzo di metallo) a contatto con un elettrolita.

Elettrolita

Soluzione acquosa che conduce la corrente elettrica attraverso gli ioni, ad esempio l'acqua piovana.

Flusso laminare

Flusso ordinato del fluido. Il flusso ha un profilo caratteristico.

Flusso turbolento

Fluido con direzioni di flusso disordinate.

Invecchiamento

Con invecchiamento si intende il cambiamento delle caratteristiche fisiche e chimiche dei materiali (in particolare dei materiali sintetici) dovuto all'azione di influssi quali, ad esempio, i raggi UV durante l'immagazzinamento o l'uso. I materiali possono essere stabilizzati per ridurre l'invecchiamento.

Ione

Gli ioni sono atomi o molecole elettricamente carichi.

Macroelemento

Elemento di corrosione i cui elettrodi hanno una distanza di pochi millimetri.

Medio corrosivo

Ambiente contenente uno o più agenti corrosivi.

Metallo comune

Denominazione dei metalli che hanno potenziali relativamente più negativi in una serie di tensioni elettrochimiche, ad esempio l'acciaio zincato.

Metallo nobile

Denominazione dei metalli che hanno potenziali relativamente più positivi in una serie di tensioni elettrochimiche, ad esempio il metallo nobile rame.

Microelemento

Elemento di corrosione i cui elettrodi hanno una distanza microscopica.

Numero di Reynolds

Importante grandezza fisica adimensionale nella meccanica dei fluidi. È pari al rapporto tra la velocità di flusso e la viscosità (cinematica) del medio, moltiplicato per una grandezza geometrica caratteristica, ad esempio il diametro del tubo. Valori inferiori a 1'000 corrispondono a flussi laminari, valori superiori a 5'000 corrispondono a flussi turbolenti.

Ossidazione

Reazione in cui un reagente cede elettroni, in genere coinvolgendo l'ossigeno come agente ossidante.

Reazione anodica

Reazione elettrochimica equivalente allo scambio di carica positiva dall'elettrodo all'elettrolita, dove la corrente elettrica fluisce dall'elettrodo verso l'elettrolita. Una reazione anodica è un'ossidazione, ad esempio $M \rightarrow M^{n+} + ne^{-}$, dove M sta per il metallo, ad esempio Fe per l'elemento ferro.

Reazione catodica

Reazione elettrochimica equivalente allo scambio di carica negativa dall'elettrodo all'elettrolita, dove la corrente elettrica fluisce dall'elettrolita verso l'elettrodo. Una reazione catodica è una riduzione, ad esempio $\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$

Riduzione

Processo in cui un reagente acquisisce uno o più elettroni.

Serie di tensioni elettrochimiche

Elenco di metalli ordinati in base al loro potenziale di libera corrosione.

Sistema di corrosione

Insieme dei metalli e del loro ambiente che influenza la corrosione di questi metalli.

Strato passivo

Sottile strato protettivo sulla superficie del metallo formato da elementi di lega, ad esempio lo strato di ossido di cromo sulla superficie degli acciai inossidabili.

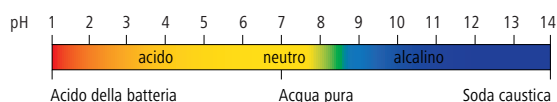
Strato superiore

Strato stabile di inibizione della corrosione che si forma dai depositi durante il funzionamento (ad esempio strati protettivi di calcare o ruggine sulle pareti interne dei tubi).

Tensione galvanica

La tensione galvanica (dal nome del fisico italiano Luigi Galvani) è la differenza di potenziale tra due fasi, ad esempio tra un elettrodo metallico e la soluzione in cui l'elettrodo metallico è immerso. La tensione galvanica non può essere né misurata né calcolata, pertanto i valori dei potenziali elettrochimici devono sempre essere intesi rispetto a un elettrodo di riferimento.

Valore di pH



Grandezza adimensionale per la concentrazione di ioni di idrogeno (H^{+}) in una soluzione acquosa.

Definizione: $pH = -\log(H^{+})$. La scala dei valori di pH nei colori dell'indicatore pH blu timolo:

Indice delle fonti

- Blickle S. et al.: Installations- und Heizungstechnik, 6^a edizione. Europa Lehrmittel Verlag Haan-Gruiten. 2017
- Boniardi A., Casaroli C.: Metallurgia degli acciai. Gruppo Lucefin
- EN ISO 12944-2:2017: Pitture e vernici – Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura – Parte 2: Classificazione degli ambienti
- Heindl M., Martin A.: Gutachten 117900/15, Einsatz von PE-Materialien für Rohre, Schächte und Bauteile in Deponien. SKZ Testing GmbH Würzburg. 2017
- Informationsstelle Edelstahl Rostfrei. Merkblatt 829, Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit anderen Werkstoffen. Düsseldorf
- Kruse C.-L.; Korrosion in der Sanitär- und Heizungstechnik. Krammer Verlag Düsseldorf. 1991
- Läßle V. et al.: Werkstofftechnik Maschinenbau, 1^a edizione. Europa Lehrmittel Verlag Haan-Gruiten. 2007
- Müller K.: Lehrbuch der Metallkorrosion. 2^a edizione. Eugen C. Leuze Verlag Salgau. 1975
- R-Tech Materials, Port Talbot, United Kingdom
- SN EN ISO 8044:2020-08: Korrosion von Metallen und Legierungen – Grundbegriffe
- SN EN 12502 (Parti da 1 a 4, 2005): Protezione di materiali metallici contro la corrosione - Raccomandazioni sulla valutazione della probabilità di corrosione in impianti di distribuzione e di deposito di acqua
- suissetec. Promemoria, Messa a terra tramite le condotte di allacciamento dell'immobile all'acqua. Maggio 2019
- suissetec. Promemoria, La corrosione negli impianti di riscaldamento. Aprile 2014
- SVGW. Merkblatt, Korrosion durch galvanische Elemente bei der Verbindung verschiedener Werkstoffe von Trinkwasserleitungen in Hausinstallationen. (Promemoria, Corrosione causata da elementi galvanici nel collegamento di condutture di acqua potabile di diversi materiali in impianti domestici) Febbraio 2011

Wir verteilen Wasser

Die R. Nussbaum AG, 1903 gegründet, ist ein eigenständiges Schweizer Familienunternehmen, beschäftigt rund 500 Mitarbeitende und gehört zu den führenden Herstellern von Armaturen, Verteilsystemen und individuellen Gesamtlösungen im Bereich Sanitär- und Heiztechnik. Von unserem Hauptsitz in Olten aus vertreiben wir unser breites Produktsortiment über ein eigenes Filialnetz an Installierende in der ganzen Schweiz.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Installateur resp. Nussbaum. Dort erhalten Sie kompetente Auskunft über sämtliche Nussbaum Produkte.

Nous distribuons de l'eau

R. Nussbaum SA, entreprise familiale suisse indépendante fondée en 1903, emploie près de 500 collaborateurs et compte parmi les fabricants leaders de robinetteries, de systèmes de distribution et de solutions globales individuelles dans le domaine de la technique sanitaire et de chauffage. Depuis notre siège d'Olten, nous proposons un large assortiment de produits au travers de notre réseau de succursales et installateurs/trices dans toute la Suisse.

Pour plus d'informations, veuillez vous adresser à votre installateur resp. Nussbaum. Vous y recevrez des informations compétentes sur l'ensemble des produits Nussbaum.

Distribuiamo acqua

La società R. Nussbaum SA, fondata nel 1903, è un'azienda svizzera indipendente di proprietà familiare che impiega ben 500 dipendenti ed è tra i principali produttori di rubinetteria, sistemi di distribuzione e soluzioni integrali personalizzate nel settore della tecnica idrosanitaria e di riscaldamento. Dalla nostra sede sociale di Olten commercializziamo, attraverso la rete di succursali Nussbaum, la nostra ampia gamma di prodotti rifornendo installatrici e installatori in tutta la Svizzera.

Per ulteriori informazioni non esitate a rivolgervi al vostro installatore resp. Nussbaum. Qui riceverete informazioni competenti su tutti i prodotti della Nussbaum.



NUSSBAUM^{RN}

Gut installiert Bien installé Ben installato

Hersteller Armaturen und Systeme Sanitär- und Heiztechnik
Fabricant de robinetterie et systèmes de technique sanitaire et chauffage
Produttore di rubinetteria e sistemi di tecnica idrosanitaria e di riscaldamento
ISO 9001 / 14001 / 45001

Basel, Bern, Biel, Brig, Buchs, Carouge, Crissier, Giubiasco, Givisiez, Gwatt-Thun,
Kriens, Sion, Steinhausen/Zug, St. Gallen, Trimbach, Winterthur, Zürich

R. Nussbaum AG | SA
Hauptsitz | Siège social | Sede sociale

Martin-Disteli-Strasse 26
Postfach, CH-4601 Olten

062 286 81 11
info@nussbaum.ch

nussbaum.ch