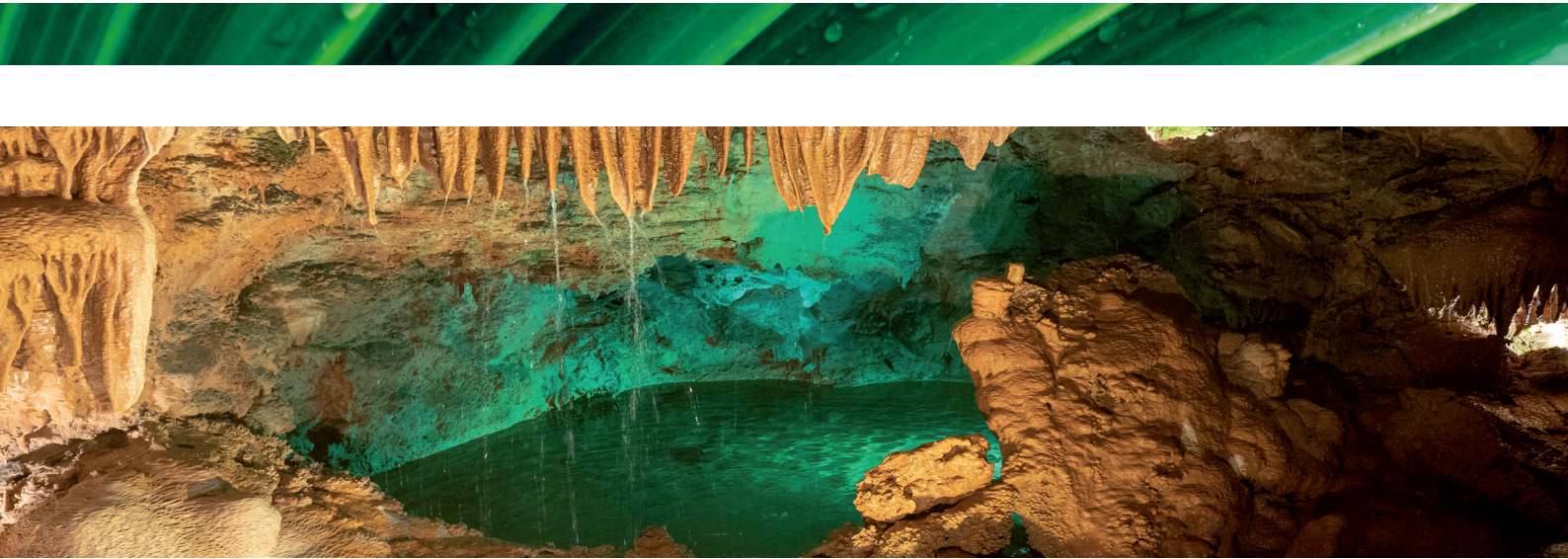


IL CALCARE NEGLI IMPIANTI IDROSANITARI



I PARAMETRI DELL'ACQUA

Quando si discute delle caratteristiche dell'acqua, uno degli aspetti più importanti da considerare è sicuramente la durezza. Una durezza elevata può portare più velocemente a depositi di calcare, compromettendo l'efficienza degli elettrodomestici e causando inconvenienti all'interno dei nostri impianti.

LA DUREZZA

La durezza di un'acqua è definita dal suo contenuto di sali di calcio e magnesio.

La **durezza temporanea** è dovuta alla presenza di bicarbonato di calcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e magnesio $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ che sono sali solubili. All'aumentare della temperatura, fino ad ebollizione, la durezza temporanea si riduce fino a scomparire.

La **durezza permanente** è dovuta agli altri sali presenti oltre al bicarbonato di calcio e magnesio, ed è quella che rimane dopo l'ebollizione.

La **durezza totale** è la somma delle due ed è quella che viene normalmente misurata e definisce le caratteristiche dell'acqua.

Durezza totale = Durezza temporanea + Durezza permanente

Per misurare la durezza si possono usare determinati indici. Uno dei più utilizzati è il grado francese °f (Tabella 6).

1 °f corrisponde a 10 mg di CaCO_3 per ogni litro di acqua (1 °f = 10 mg/l = 10 ppm).

Dopo l'analisi chimica, il contenuto di calcio e magnesio viene rapportato al CaCO_3 , per la determinazione della durezza dell'acqua.

Classificazione acqua	Durezza (°f)	Rischio
Molto dolce	0 – 8	Molto limitato
Dolce	8 – 15	Limitato
Poco dura	15 – 20	Medio
Mediamente dura	20 – 32	Medio-alto
Dura	32 – 50	Alto
Durissima	> 50	Grave

LA DUREZZA DELL'ACQUA IN ITALIA

La durezza dell'acqua in Italia presenta una notevole variabilità, influenzata da fattori geologici e climatici che differiscono significativamente da regione a regione.

Secondo i dati forniti dai vari enti distributori di acqua potabile, molte aree del Paese mostrano livelli di durezza che possono essere considerati moderati o elevati, con picchi che possono superare i 30 °f in alcune zone del Nord e del Centro, mentre altre aree possono registrare valori più contenuti.

Questa analisi delle differenze di durezza dell'acqua è fondamentale per comprendere le implicazioni su efficienza degli impianti e necessità di interventi di trattamento, aiutando così nella scelta di dispositivi per migliorare la qualità dell'acqua che quotidianamente viene utilizzata.

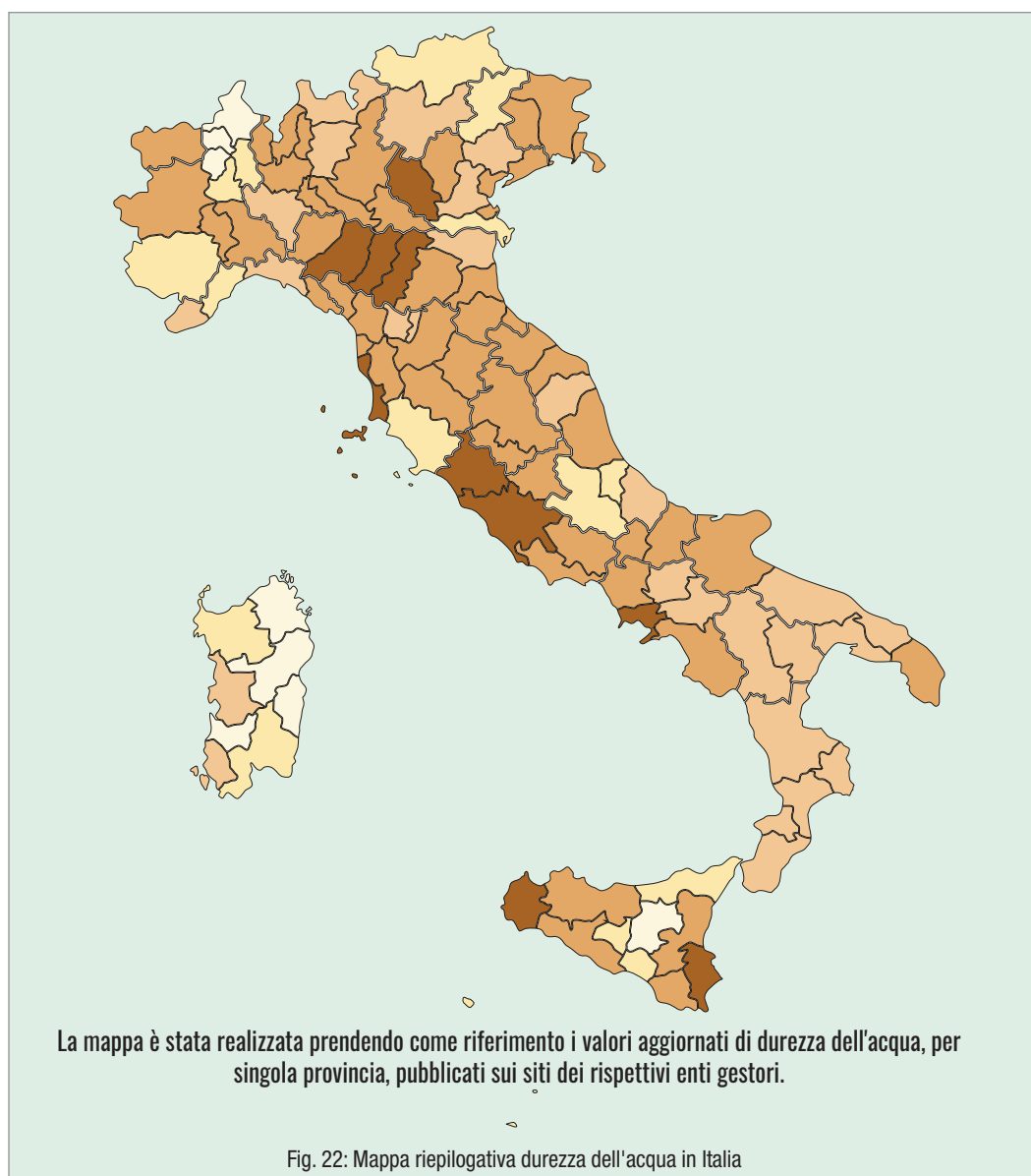


Fig. 23: Kit di misura durezza acqua

COME SI MISURA LA DUREZZA DELL'ACQUA

La misurazione della durezza dell'acqua avviene tramite analisi chimiche che quantificano la presenza di calcio e magnesio, espressi in gradi francesi (°f) o in milligrammi per litro (mg/l). I laboratori specializzati eseguono test regolari, utilizzando metodi standardizzati, per garantire risultati accurati e affidabili. Gli enti distributori di acqua potabile, consapevoli dell'importanza di queste informazioni per i cittadini, pubblicano regolarmente i valori della durezza e altri parametri qualitativi sui propri siti web. In questo modo, gli utenti possono accedere facilmente ai dati relativi alla qualità dell'acqua nella propria zona, promuovendo una maggiore consapevolezza e informazione sulle caratteristiche dell'acqua che consumano.

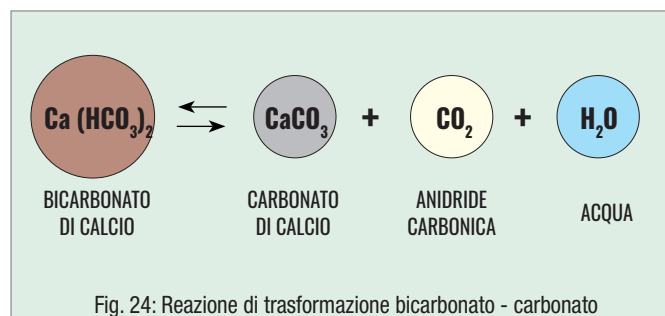
La misurazione della durezza dell'acqua avviene attraverso un kit di test della durezza o tramite analisi chimica in laboratorio. Il kit di test veloce prevede un reagente capace di cambiare colore in base alla presenza di ioni di calcio e magnesio nell'acqua. Le analisi chimiche in laboratorio richiedono apparecchiature specializzate capaci di analizzare i campioni di acqua.

PROBLEMI LEGATI ALLA DUREZZA DELL'ACQUA

INCROSTAZIONI CALCAREE

Le incrostazioni chiamate “calcare” sono causate dalla precipitazione principalmente dei carbonati di calcio e magnesio. Calcio, magnesio e anidride carbonica sono contenuti all'interno dell'acqua formando bicarbonati (sostanze solubili).

A temperature dell'acqua intorno ai 60 °C, i bicarbonati di calcio e magnesio si trasformano in carbonati, sostanze meno solubili e soggette a precipitazione, secondo la reazione di fig. 24, riportata come esempio per il carbonato di calcio.



PROBLEMATICHE DEL CALCARE

Il calcare che si forma ostruisce i passaggi e incrosta le resistenze elettriche e gli scambiatori, come fosse un isolante termico, causando varie difficoltà (fig. 25).

1. Riduzione dell'efficienza dei sistemi: il calcare può accumularsi all'interno delle tubazioni e sugli elementi dei bollitori. Questo deposito ostacola il flusso dell'acqua e diminuisce l'efficienza energetica degli impianti.
2. Danni agli apparecchi: gli elettrodomestici e le caldaie possono subire danni significativi a causa dell'accumulo di calcare. La formazione di calcare può ostruire lo scambiatore portando alla rottura dei componenti.
3. Costi maggiori: i costi associati alla rimozione del calcare, alla manutenzione e alla sostituzione degli apparecchi danneggiati possono essere elevati. Inoltre, la presenza di calcare riduce l'efficienza del sistema, portando ad un aumento anche delle bollette.
4. Impatto sulla qualità dell'acqua: il calcare può anche influire sulla percezione della qualità dell'acqua. Può lasciare residui sui piatti, soffioni doccia, rubinetti e sanitari, risultando antiestetici e difficili da lavare.

La presenza di calcio e magnesio all'interno dell'acqua potabile non è dannosa per la salute umana. Eventuali sistemi anticalcare non sono necessari per motivi di salute ma per limitare i problemi sull'impianto dovuti ad un'acqua particolarmente dura.



La tendenza di un'acqua a dare origini ad incrostazioni dipende da numerosi parametri, oltre alla durezza. Per definirne al meglio le caratteristiche ed il comportamento, sono stati sviluppati appositi indici indicatori (es. Indice di Langelier). Si rimanda alla letteratura specifica per uno studio completo del fenomeno.

CALCITE - ARAGONITE

La chimica dell'acqua gioca un ruolo fondamentale nella formazione e nella composizione del calcare, con particolare riferimento al carbonato di calcio. In questo contesto, è interessante analizzare come la struttura cristallina di questo composto possa variare, influenzando le sue proprietà fisiche e chimiche e, di conseguenza, il modo in cui si deposita e interagisce con le superfici quali scambiatori, serpentine, rubinetti, etc.

Il calcare è formato da precipitazione di carbonato di calcio sotto forma di calcite. Essa aderisce alle pareti formando una struttura compatta e resistente, difficile da rimuovere.

In determinate condizioni, il carbonato di calcio può precipitare sotto forma di aragonite. Essa si presenta come una sottile polvere ed è facilmente removibile dalle apparecchiature.

Calcite e aragonite sono quindi due delle forme cristalline più comuni del carbonato di calcio (CaCO_3). Sono fondamentalmente il risultato della stessa reazione chimica ma in diverse strutture cristalline a causa delle condizioni ambientali e termodinamiche durante la loro formazione.

Di seguito le principali differenze nella formazione tra calcite e aragonite.

Calcite:

- È la forma più stabile e comune di carbonato di calcio a temperature e pressioni ambientali normali.
- Ha una struttura cristallina trigonale/romboedrica.

Aragonite:

- È meno stabile alla temperatura e pressione ambiente, ma può formarsi in condizioni di alte pressioni e temperature o in presenza di elevati livelli di magnesio.
- Ha una struttura cristallina rombica/prismatica.
- Risulta poco incrostante rispetto alla calcite.

L'aragonite, contrariamente a quanto accade con la calcite, non si deposita sulle superfici all'interno dell'impianto, ma viene trasportata attraverso l'acqua, rimanendo in sospensione e fluendo fuori dal rubinetto e dagli apparecchi, evitando così la formazione di incrostazioni o depositi all'interno delle tubazioni.

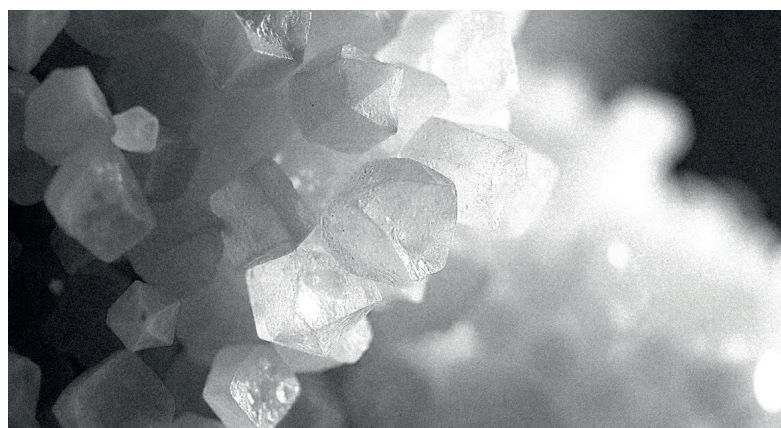
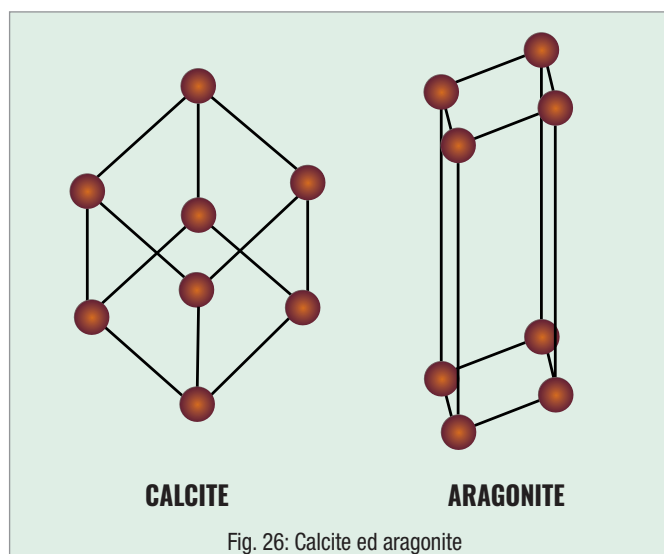


Fig. 27: Foto cristalli di calcite

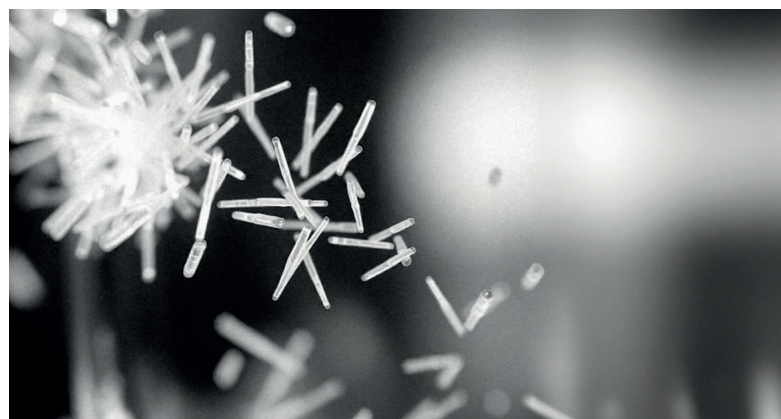


Fig. 28: Foto cristalli di aragonite

DISPOSITIVI ANTICALCARE

Sul mercato esistono diverse tipologie di prodotti definiti anticalcare, basati su principi di funzionamento diversi.

Negli ultimi anni, la crescente consapevolezza riguardo all'importanza della qualità dell'acqua ha spinto molte persone a considerare l'adozione di dispositivi anticalcare. Questi strumenti, progettati per ridurre la formazione di calcare in tubature e apparecchi, possono variare notevolmente in termini di tecnologia e funzionamento. Ciascun tipo presenta vantaggi e svantaggi specifici. Questo confronto delle diverse tecnologie non solo mira a chiarire le differenze tra i vari dispositivi, ma anche a fornire indicazioni utili per orientarsi nella scelta della soluzione più adatta alle proprie esigenze.

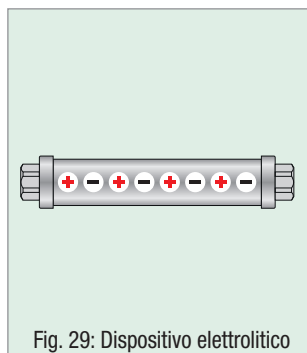


Fig. 29: Dispositivo elettrolitico

DISPOSITIVI ELETTROLITICI

I dispositivi anticalcare di tipo elettrolitico rappresentano una soluzione innovativa e non invasiva per la gestione del calcare. Questi inducono cambiamenti nella struttura del carbonato di calcio, senza andare a modificare la durezza dell'acqua.

Principio di funzionamento

I dispositivi elettrolitici utilizzano il principio dell'effetto pila per generare un campo elettrico all'interno del flusso d'acqua. Questo campo provoca la prima formazione di piccoli cristalli di carbonato di calcio sotto forma di aragonite anziché calcite. Quando, a causa del calore, c'è la formazione di carbonato di calcio, questo non precipita come cristallo di calcite (soggetto a formazione di calcare) ma come cristallo di aragonite.

L'aragonite, a differenza della calcite, forma cristalli sospesi nell'acqua che non si depositano facilmente sulle superfici interne delle tubature e degli apparecchi, riducendo così la formazione di incrostazioni.

I cristalli di aragonite (meno soggetti ad attaccarsi alle superfici) scorrono liberamente senza depositarsi sulle superfici.

Sul mercato esistono numerosi dispositivi anticalcare elettrolitici, ciascuno progettato per ridurre la formazione di calcare nelle tubazioni e negli impianti idraulici. Nell'immagine seguente viene mostrato un esempio di questi dispositivi, sebbene sia importante sottolineare che i componenti interni, per forma, disposizione e materiali utilizzati, possano differire significativamente a seconda del modello e del produttore. In particolare, la forma degli elementi interni, può contribuire all'efficienza dei diversi dispositivi, favorendo nel flusso di acqua il processo di trasformazione dei cristalli di carbonato di calcio.

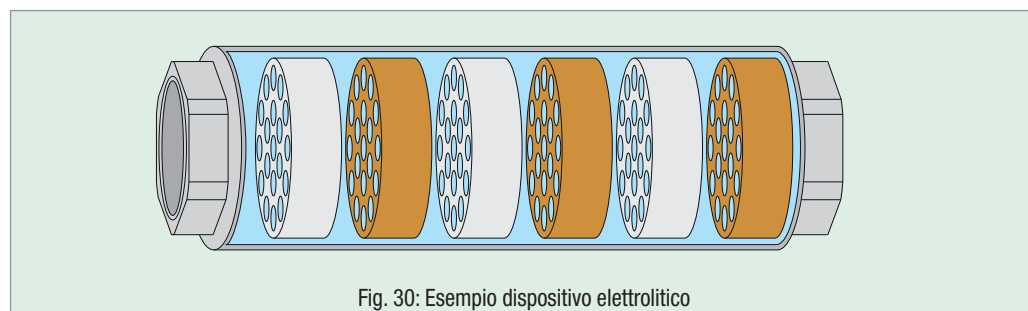
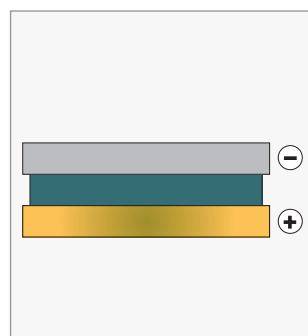


Fig. 30: Esempio dispositivo elettrolitico



PREGI

- No chimici.
- Nessuna variazione della durezza dell'acqua.
- Manutenzione minima.
- Facile installazione.
- Dispositivi economici.

LIMITAZIONI

- Efficacia entro valore limite di durezza dell'acqua.
- Efficienza variabile dei vari dispositivi.



PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO PILA

La pila è un dispositivo in cui si produce energia elettrica mediante reazioni di ossido-riduzione (redox) spontanee. Occorre la presenza di due metalli, uno meno nobile soggetto a ossidazione, l'anodo, e uno più nobile soggetto a riduzione, il catodo. La coppia di metalli opportunamente posizionati in un liquido conduttore, formano la cella elettrochimica. Gli elettrodi, costituiti dai due metalli accoppiati, portano alla formazione di una differenza di potenziale elettrico.

In particolare (nel caso di semicelle elettrochimiche zinco/rame):

- lo zinco si ossida da Zn metallico (n.o. = 0) a ione Zn^{2+} (n.o. = +2) cedendo 2 elettroni al rame
- il rame si riduce da ione Cu^{2+} (n.o. = +2) a rame metallico Cu (n.o. = 0).

In questa reazione di ossido-riduzione si verifica spontaneamente un flusso di elettroni dallo zinco al rame, che si accompagna a produzione di calore (reazione esotermica).

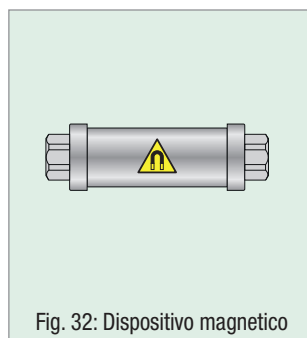
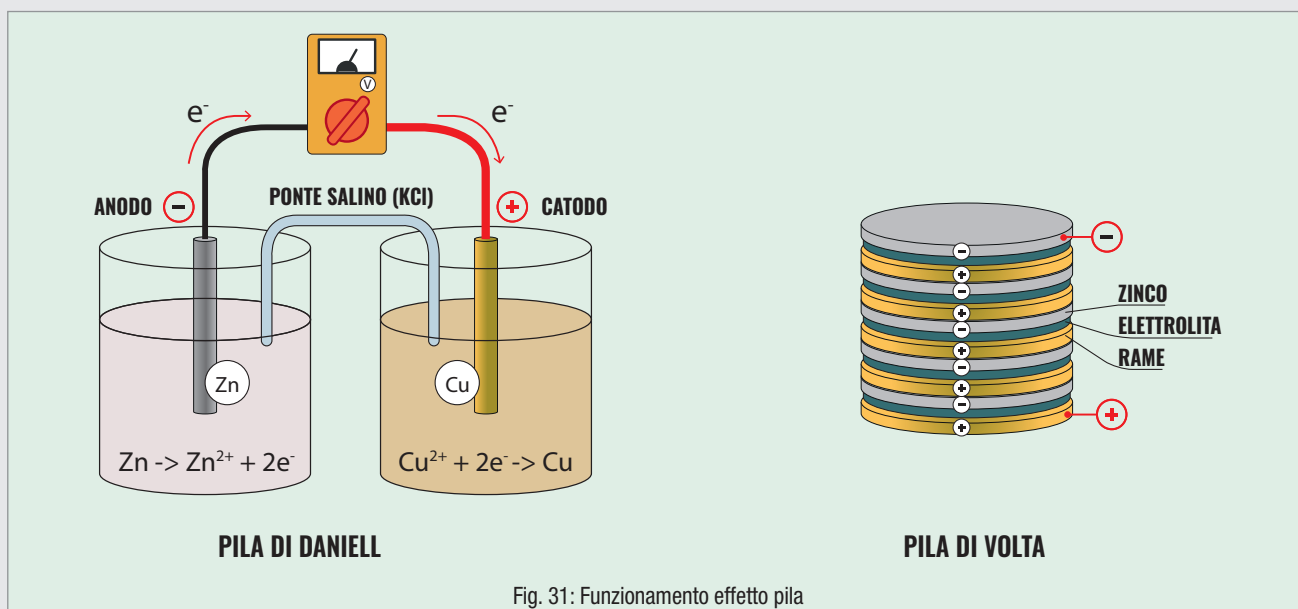
ANODO: elettrodo in cui si verifica ossidazione (Zinco).

CATODO: elettrodo in cui si verifica riduzione (Rame)

La differenza di potenziale elettrico che si crea, in base ai valori redox corrispondenti, in condizioni standard è di circa 1,1 V.

A seguito della reazione, l'elettrodo di zinco si consuma nel tempo e deve essere sostituito.

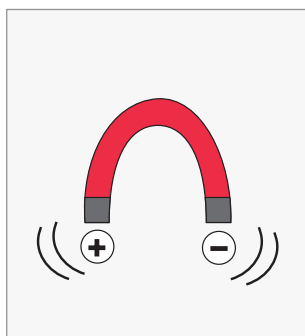
Lo stesso principio si applica quando i due diversi elementi metallici sono immersi in acqua, che svolge la funzione di elettrolita.



DISPOSITIVI MAGNETICI

Tali apparecchi generano un campo magnetico statico, attraverso un magnete permanente. Il campo magnetico induce la cristallizzazione del carbonato di calcio in aragonite e non calcite.

Gli ioni (particelle cariche) disciolti nell'acqua attraversano una zona in cui è presente un forte campo magnetico. Il campo magnetico favorisce l'orientamento e la cristallizzazione omogenea del carbonato di calcio sotto forma di aragonite.



PREGI

- Nessuna variazione della durezza dell'acqua.
- No chimici.
- Dispositivi economici.
- Compattezza.

LIMITAZIONI

- Discutibile efficienza.
- Installazione al singolo apparecchio (lavatrice/ lavastoviglie, etc.).

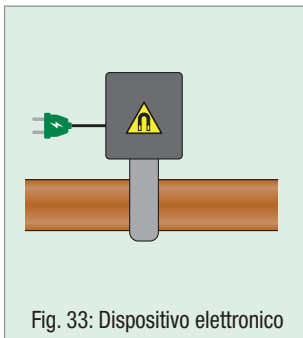


Fig. 33: Dispositivo elettronico

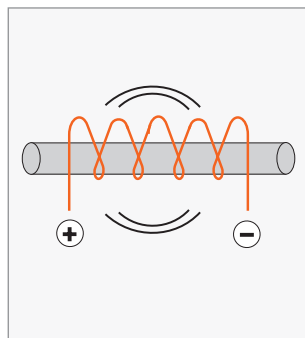
DISPOSITIVI ELETTRONICI/ELETTROMAGNETICI

I dispositivi elettronici o elettromagnetici sono costituiti da un alimentatore elettronico da collegare alla rete elettrica.

Questi dispositivi sono progettati per prevenire o ridurre la formazione di calcare attraverso l'utilizzo di un campo elettromagnetico, generato da una bobina o un generatore incorporato, in grado di modificare le caratteristiche fisiche dei cristalli di calcare presenti nell'acqua, impedendo che si depositino nell'impianto.

Altri dispositivi invece emettono segnali elettronici, tipicamente a impulsi o frequenze variabili, che interagiscono con i cristalli di calcare nell'acqua.

I cristalli che si formano durante l'attraversamento dell'acqua all'interno del dispositivo sono notevolmente più piccoli e per questo motivo tendono ad aderire meno alle superfici sotto forma di calcare.



PREGI

- Nessuna variazione della durezza dell'acqua.
- No chimici.

LIMITAZIONI

- Collegamento elettrico.
- Consumi elettrici.
- Costo.

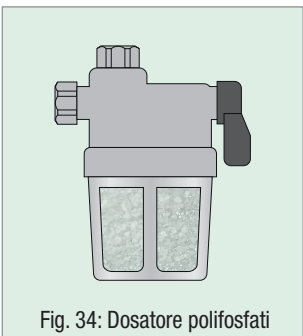


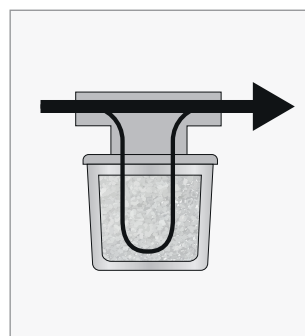
Fig. 34: Dosatore polifosfati

DOSATORI DI POLIFOSFATI

I polifosfati di sodio e di potassio si uniscono agli ioni di calcio e magnesio formando un composto chimico che non riesce ad aderire alle superfici delle tubazioni. Si forma quindi una schermatura che impedisce la precipitazione di calcio e magnesio e la conseguente formazione di depositi di calcare. I polifosfati, inoltre, si depositano sulla superficie delle tubazioni formando un film protettivo per proteggerle dalle incrostazioni ed eliminare il calcare già depositato.

Per garantire il corretto funzionamento del dispositivo, è fondamentale che il dosaggio dei polifosfati avvenga in modo continuo e controllato, sia in condizioni di minima portata al rubinetto sia con un flusso d'acqua variabile. Un dosaggio accurato è essenziale per mantenere costante il velo protettivo sulle tubazioni e contrastare la precipitazione dei sali, assicurando così l'efficacia e la durata del trattamento.

Questi dispositivi inoltre vanno mantenuti frequentemente, infatti la durata di una ricarica di polifosfati dipende da vari fattori legati all'acqua come durezza, temperatura e pH e può variare tra 6 mesi e un anno. Per informazioni precise, è sempre consigliato fare riferimento alle specifiche tecniche del produttore e monitorare l'uso effettivo dell'acqua.



PREGI

- Nessuna variazione della durezza dell'acqua.
- Dispositivi economici.
- Facile installazione.
- Installazione solo all'ingresso della caldaia.

LIMITAZIONI

- Trattamento di condizionamento chimico.
- Difficoltà nel dosaggio del polifosfato.
- Sostituzione ricarica polifosfati frequente.



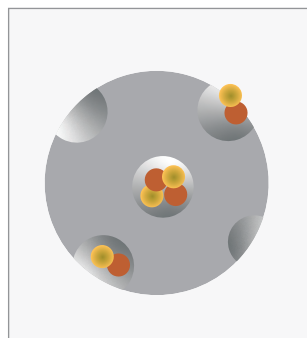
Fig. 35: Dispositivo a nucleazione

DISPOSITIVI A NUCLEAZIONE MEDIANTE GRANULI

Questi dispositivi utilizzano una tecnologia basata su granuli capaci di attirare i minerali di calcio e magnesio presenti nell'acqua dura, trasformandoli poi in cristalli microscopici. I cristalli inerti vengono trasportati dall'acqua e non aderiscono più alle superfici.

Si tratta solitamente di dispositivi mono-cartuccia da installare sull'alimentazione dell'acqua fredda, a monte di un dispositivo di riscaldamento come uno scaldacqua, per proteggerlo dagli effetti dannosi del calcare.

I granuli all'interno di questi dispositivi devono essere sostituiti come da indicazione del produttore (generalmente ogni 2 anni). Generalmente si tratta di dispositivi che, per funzionare in modo efficiente, richiedono l'installazione di filtri a monte.



PREGI

- Nessuna variazione della durezza dell'acqua.
- No chimici.

LIMITAZIONI

- Efficienza variabile.
- Sostituzione periodica dei granuli.

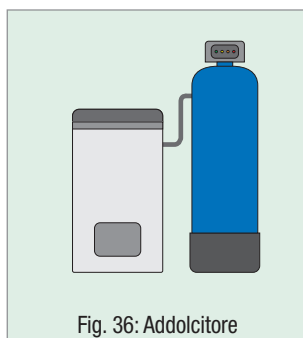


Fig. 36: Addolcitore

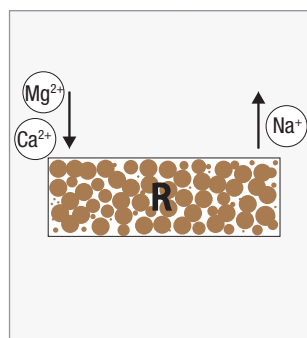
ADDOLCITORI

All'interno degli addolcitori sono presenti resine a cui sono adesi gli ioni positivi di sodio (Na^+). Gli ioni calcio (Ca^{2+}) e Magnesio (Mg^{2+}) contenuti nell'acqua si legano alla resina sostituendosi agli ioni sodio che vengono liberati nell'acqua (scambio ionico). L'acqua risulta quindi addolcita, priva di ioni calcio e magnesio.

Il processo continua fino a quando non sono più disponibili ioni sodio all'interno della resina. La rigenerazione delle resine avviene aggiungendo cloruro di sodio in soluzione acquosa. La resina viene attraversata dalla soluzione di salamoia, che la ricarica nuovamente di ioni sodio, rendendola pronta per successivi cicli. Periodicamente occorre però integrare il sale nell'apposito contenitore, così che la rigenerazione possa proseguire.

Agli addolcitori sono spesso legate problematiche legate al controllo e alla regolazione della durezza dell'acqua. Si tratta inoltre di sistemi costosi, che richiedono continua manutenzione e che per via dei lavaggi necessari per la rigenerazione portano a maggiori consumi di acqua.

Per elevati valori di durezza (> 45 °f), essi sono gli unici sistemi utilizzabili con comprovata efficacia.



PREGI

- Trattamento ad elevati gradi di durezza.
- Dispositivi efficaci.

LIMITAZIONI

- Trattamento di condizionamento chimico.
- Variazione durezza con ioni sodio.
- Costi elevati.
- Consumi elettrici.
- Elevata manutenzione.
- Scarico acqua durante rigenerazione.