

# WIRKSAMKEIT DER VORRICHTUNG EWO GEGEN KALKABLAGERUNGEN IN WASSERLEITUNGEN IM HAUSHALT, DIE VORWIEGEND DER KRISTALLISATION VON ARAGONIT ANSTELLE VON CALCIT ZUZURECHNEN IST

## WISSENSCHAFTLICHER BERICHT

*Dott. Marco Lelli, Prof. Elisabetta Foresti und Prof. Norberto Roveri*

### KALKSTEIN

Bei Wasser mit hohem Kalkanteil entstehen bei Verdampfung durch hohe Temperaturen Ablagerungen von Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) oder von Calcium und Magnesium ( $\text{Ca-MgCO}_3$ ), die sich an den Berührungsflächen absetzen.

Dieses Phänomen führt zu erheblichen Schäden, da diese Kalkablagerungen mehr oder weniger schwere Schäden an Anlagen, Rohren und Haushaltsgeräten verursachen können. Durch Kalkablagerungen im Haushaltsbereich sind wir außerdem gezwungen, mehr Energie für das Heizen und die Wasserkreisläufe aufzuwenden, was zu vorzeitiger Alterung der täglich verwendeten Haushaltsgeräte führt.

Auch wenn vom Phänomen der Kalkablagerung vor allem Heißwasserkreisläufe betroffen sind, sollte in den Hausanlagen nicht nur das Wasser der Heizungsanlage aufbereitet werden, sondern auch das gesamte Wasser, das für den persönlichen Gebrauch oder den allgemeinen Hausgebrauch bestimmt ist.

Für den Versuch, die Kalkbildung in Anlagen mit Wasser zu verhindern, kommen vor allem zwei Arten von Aufbereitung in Frage:

- chemische Aufbereitung
- physikalische Aufbereitung

## CHEMISCHE AUFBEREITUNGSARTEN

Die am häufigsten verwendeten chemischen Aufbereitungsarten sind diejenigen, die auf der Basis des Abtrennens der vorhandenen Ionen durch die Verwendung von Ionenaustauschharzen beruhen, oder auf der Basis des Prinzips der Umkehrosmose.

Anlagen mit Harzen (Enthärter) ersetzen die abzutrennenden Kationen und Anionen (zur Vermeidung von Kalk  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  und  $\text{CO}_3^{2-}$ ), die im Wasser vorhanden sind, durch besser geeignete Gegenionen. Dies geschieht während des Durchlaufens des Wassers durch eine Vorrichtung mit salzgetränkten Harzen.

Enthärter werden im Allgemeinen verwendet, wenn das Wasser eine Härte von über  $25^\circ\text{F}$  besitzt. Diese Aufbereitung ist recht wirksam, besitzt aber bei unrichtiger Anwendung folgende Nachteile:

- Werden die Harze zu selten desinfiziert, kann es beim Durchgang des Wassers durch das Harz zu einem Anwachsen der Bakterienflora kommen, mit möglichen negativen Auswirkungen auf die Gesundheit des Verbrauchers.
- Die Harze müssen nicht nur häufig desinfiziert, sondern auch regelmäßig mit Salz regeneriert werden, um eine dauerhafte wirksame Funktion zu garantieren.

Die Umkehrosmose ist dagegen eine Filtertechnik, durch die das Wasser gereinigt und für den Lebensmittelgebrauch gesünder wird. Die Technik besteht aus einem Filtersystem für das Wasser, das die im Wasser enthaltenen Kationen durch Membranen zurückhält.

Wasser, das mit den zuvor beschriebenen Systemen chemisch enthärtet wurde, enthält zwar nur noch eine geringe Menge an Calcium- und Carbonationen, jedoch kann die Bildung von Kalkablagerungen in Rohrleitungen und Heizschlangen nicht vollständig verhindert werden, nur die Dauer bis zu deren Bildung wird verlangsamt.

## PHYSIKALISCHE AUFBEREITUNGSARTEN

Die physikalische Aufbereitung besteht dagegen im Allgemeinen in der Verwendung eines Magnetfelds, das mit Dauer- oder Temporärmagneten geschaffen wird.

Die Wirkung des Magnetfelds auf Wasser wurde im Jahre 1900 vom dänischen Physiker Hendrick Antoon Lorenz entdeckt, der dafür 1902 den Nobelpreis erhielt.

Die Calcium- und Carbonationen, die nach dem Einfluss eines Magnetfelds im Wasser vorhanden sind, erlauben keine Kristallisation von Calcit, sondern vor allem von Aragonit. Aragonit ist eine polymorphe Form des Calciumcarbonats, mit nadelförmigen Kristallen, die weitaus kleiner als die von Calcit sind, das sich vor allem dann im Wasser bildet, wenn dieses nicht einem Magnetfeld ausgesetzt ist.

Durch die kleineren Abmessungen und die längliche Form der Aragonitkristalle können diese leicht durch den Wasserstrom mitgezogen werden, wodurch die Ablagerung an den Innenflächen der Rohre erschwert wird. Auf diese Weise wird die Bildung der schädlichen Kalkablagerungen verhindert.

Mit einer entsprechenden Magnetvorrichtung kann also die Ausfällung von Calciumcarbonat kontrolliert werden, ohne dass chemische Verbindungen zugesetzt werden müssen, dadurch bleibt die Trinkbarkeit des Wassers bestehen, ohne Veränderung der Menge an enthaltenden Mineralien oder an den organoleptischen Eigenschaften.

Die Vorteile einer Magnetvorrichtung können wie folgt zusammengefasst werden:

- Kein Wartungsbedarf für regelmäßige Zugabe von Salzen und Desinfektionsmitteln;
- Keine Veränderung der mineralischen und organoleptischen Eigenschaften des Trinkwassers;
- Kein Stromverbrauch;
- Weniger Wartungs- und Reparaturarbeiten an den Wasseranlagen und Elektrogeräten aufgrund von Kalkablagerungen in den Leitungen.

### VORRICHTUNG EWO

Die von uns geprüfte Vorrichtung EWO stellt eine Weiterentwicklung im Bereich der vorgenannten Magnetvorrichtungen für die physikalische Wasseraufbereitung dar. Sie zeigt einige bauliche Innovationen, beispielsweise den im Inneren vorhandenen Wasserstrudel und das besondere Material, Duplex Edelstahl mit magnetischer Polarisation Nord-Süd des Erdmagnetfelds.

In unseren Labors wurden die Kalkablagerungen in Rohrleitungen mit chemischen und physikalischen Techniken analysiert und charakterisiert. Dabei floss das Wasser zuerst unbehandelt durch Leitungen, anschließend wurde das gleiche Wasser durch die Vorrichtung EWO geleitet und floss dann nochmals durch Leitungen, abschließend wurden die Ergebnisse verglichen.

### VERSUCHSTECHNIKEN

Morphologische Charakterisierung (SEM)

Strukturelle Charakterisierung (DRX)

Bestimmung der Härte (Französische Grad)

## VERSUCHSERGEBNISSE

### **Morphologische Charakterisierung (SEM)**

Die erhaltenen Versuchsdaten basieren auf zwei unterschiedlichen Charakterisierungen.

Eine erste morphologische Charakterisierung bezüglich der Kalkablagerung wurde nach der Verwendung der Vorrichtung EWO und vor der Verwendung der Vorrichtung EWO durchgeführt.

Wie man aus den Bildern durch das Rasterelektronenmikroskop sehen kann, die in Abbildung 1 gezeigt sind, kann nach der Verwendung der magnetischen Vorrichtung EWO die Bildung von nadelförmigen Kristallen beobachtet werden (morphologische Eigenschaft des Aragonits), mit kleinen Abmaßen, durchschnittlich eine Dicke von 1-3 Mikron und eine Länge von 5-15 Mikron. Dagegen zeigen die Kristalle, die sich ohne die Aufbereitung durch die magnetische Vorrichtung EWO ablagern, weitaus größere Abmessungen und eine kompakte und massive Parallelepipedform (morphologische Eigenschaft des Calcits). Länge und Dicke dieser Kristallformationen betragen im Durchschnitt 50-60 Mikron. Auf der Oberfläche der großen Kristallanhäufungen konnten kleine, nicht nadelförmige Kristalle festgestellt werden.



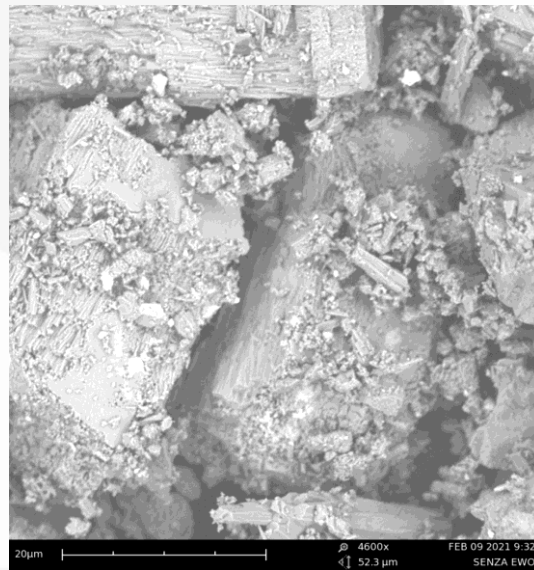
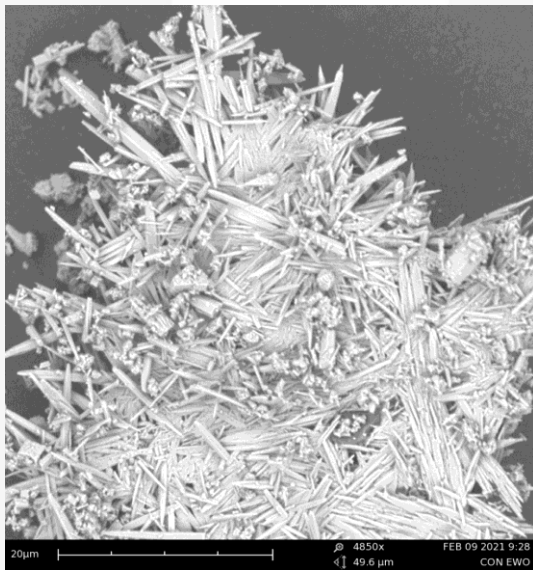


Abbildung 1: Links die Kalkablagerung nach der EWO-Anlage, rechts die Kalkablagerung vor der EWO-Anlage

Die Unterschiede zeigen sich noch deutlicher an der Packungsdichte dieser beiden unterschiedlichen Kristallarten.

Nach der Aufbereitung durch die Vorrichtung EWO zeigen die vorhandenen Aragonitkristalle (hervorgehoben durch den Pfeil in Abbildung 2a) eine geringere Aggregation als die gleichen Kristalle, die vor der Aufbereitung durch die magnetische Vorrichtung EWO entstanden sind (wie durch den Pfeil in Abbildung 2b gezeigt).

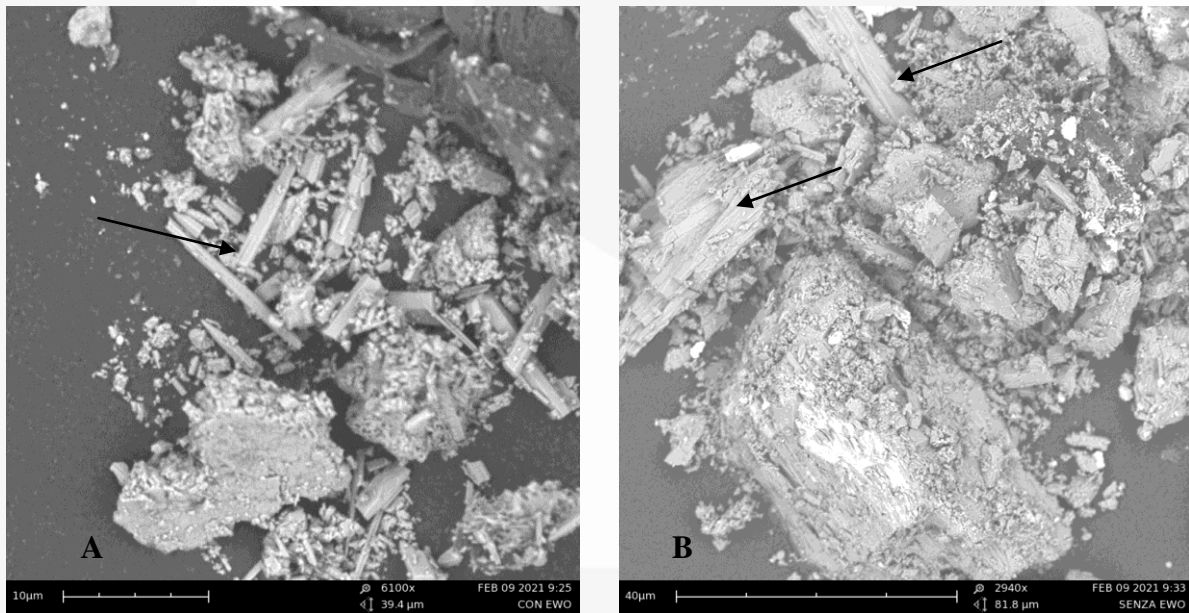


Abbildung 2

Unterschiedliche Packungsdichte des Kalksteins nach dem Durchlaufen der Magnetvorrichtung EWO (A) und ohne Magnetvorrichtung (B)

Tatsächlich kann man ohne Aufbereitung durch die Magnetvorrichtung feststellen, dass Aragonit ebenfalls in der Kalkablagerung vorhanden ist, jedoch stärker aggregiert.

### Strukturelle Charakterisierung (DRX)

Anschließend wurden Untersuchungen mittels der Röntgen-Pulver-Diffraktometrie durchgeführt, um die kristalline Struktur der beiden unterschiedlichen Kalkablagerungen festzustellen.

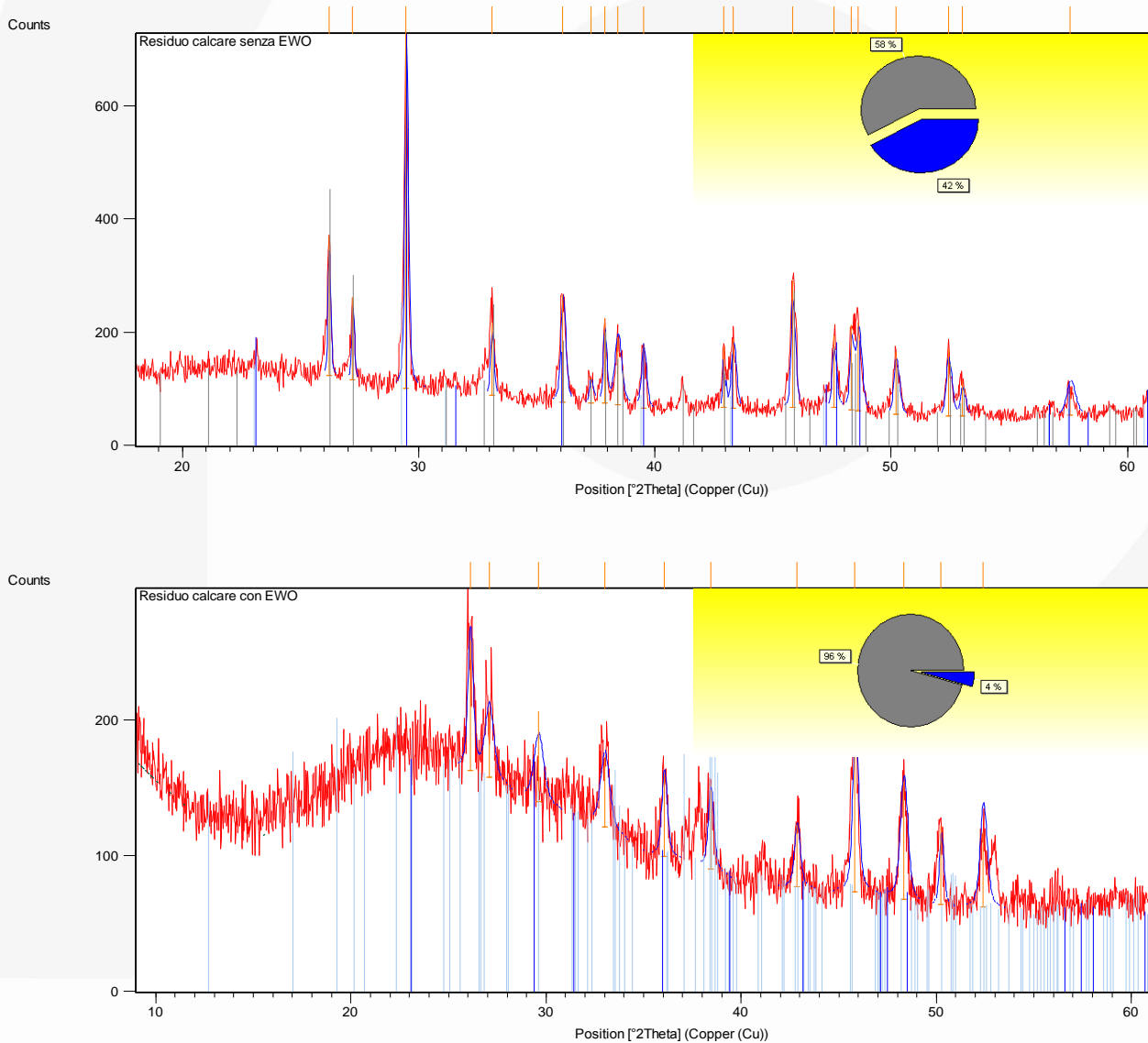


Abbildung 3

Röntgen-Diffraktogramm, durchgeführt an der Kalkablagerung nach der Vorrichtung EWO (unten) und vor der Vorrichtung EWO (oben) (die Aragonit-Phase wird in grau, die Calcit-Phase in blau dargestellt).

Die erhaltenen Ergebnisse zeigen klar, dass der Kalk ohne die Aufbereitung durch die Magnetvorrichtung EWO aus zwei unterschiedlichen kristallinen Phasen des Calciumcarbonats (Calcit und Aragonit) besteht, die in der Ablagerung in folgendem Verhältnis vorliegen:

Calcit 42% und Aragonit 58%.



Nach der Aufbereitung des Wassers mit der Magnetvorrichtung EWO kann man dagegen feststellen, dass der Kalk aus den beiden gleichen Phasen besteht, die bereits zuvor festgestellt wurden (Calcit und Aragonit), das Verhältnis ist jedoch stark abweichend: Calcit 4% und Aragonit 96%, sowie eine beträchtliche Menge amorpher Phase.

Dadurch wird deutlich, dass ein vorhandenes Magnetfeld beim Durchfluss des Wassers die Bildung von Aragonit gegenüber Calcit begünstigt.

### **Bestimmung der Härte (Französische Grad)**

Unter der Wasserhärte versteht man einen Wert, der den Gehalt an Calcium- und Magnesiumionen ausdrückt (die aus den vorhandenen löslichen Salzen im Wasser stammen).

Normalerweise bezieht sich dieser Begriff auf die Gesamthärte. Dagegen beschreibt die permanente Härte die Menge an Kationen, die nach längerem Sieden in der Lösung verbleiben, die temporäre Härte, die man aus der Differenz der beiden genannten Härtewerte erhält, drückt im Wesentlichen die Menge an Hydrogencarbonaten aus.

Der Analysevorgang zur Bestimmung dieses Werts basiert auf der komplexometrischen Titration der Calcium- und Magnesiumionen, die in der gepufferten Lösung mit pH 10 gelöst sind, mit einer Lösung von Dinatriumsalz der Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) mit Eriochromschwarz T als Indikator.

Damit wurde die Wasserhärte vor und nach der Aufbereitung mit der Magnetvorrichtung EWO bestimmt, dabei konnte man feststellen, dass sich die beiden Werte nur sehr wenig unterscheiden,  $31 \pm 2$  französische Grade vor der Aufbereitung und  $28 \pm 2$  französische Grade nach der Aufbereitung mit der Vorrichtung EWO.

## ERGEBNIS

Am Ende dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die Wasseraufbereitung durch die Magnetvorrichtung EWO die Wasserhärte kaum verändert und dass der Mineralanteil des Wassers erhalten bleibt. Die Kristallisation des Kalksteins in den Leitungen, durch die das Wasser fließt, wird dagegen stark beeinflusst. Es ergeben sich grundlegende Veränderungen, sowohl in morphologischer als auch in struktureller Hinsicht.

Die Bilder des SEM zeigen, wie nach der Aufbereitung durch die Vorrichtung EWO vor allem die Bildung von Aragonit gegenüber Calcit begünstigt wird. Darüber hinaus zeigen diese nicht sehr ausgedehnten Kalkablagerungen eine andere Aggregation der Aragonit-Kristalle, die aufgrund der geringen Abmessungen und der nadelförmigen Morphologie leicht durch das fließende Wasser entfernt werden können. Durch diese Bedingungen entstehen an den Innenflächen der Rohrleitungen wahrscheinlich geringere Kalkablagerungen, die sicherlich weniger massiv sind.

Daher kann durch die Verwendung der Magnetvorrichtung EWO die Bildung von Kalkablagerungen in den Leitungen, durch die das Wasser fließt, verhindert werden, wobei die chemische Zusammensetzung des Wassers nicht verändert wird, d.h., die ionische Zusammensetzung bleibt gleich.

Bologna, 08.04.2011