



A XIXa Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",

## CONTROLUL COROZIUNII ȘI DEPUNERILOR IN CONDUCTELE PENTRU TRANSPORTUL APEI

Vasile Călin NEAMȚU, Victor ROȘ, Lucian V. FECHETE-TUTUNARU

### CONTROL OF CORROSION AND DEPOSITS IN THE WATER TRANSPORT PIPES

#### ABSTRACT

The paper analyzes the corrosion and deposition processes that occur as a result of the interaction between water and water distribution systems, the influence on the water quality and the reliability of the components, and the methods for controlling and reducing these phenomena. The experimental researches consisted in the application of a chemical method of corrosion control using a solution based on silicates and orthophosphates, completely water soluble and harmless for consumer. Research results have highlighted the fact that this method has significantly reduced corrosion and deposition, also ensuring the preservation of water quality during water transport via pipeline.

Keywords: corrosion control, water pipes, deposits, chemical method

Cuvinte cheie: controlul coroziunii, conducte, depuneri, metodă chimică

#### 1. Introducere

**Coroziunea** reprezintă practic un proces de degradare a materialelor din instalație datorită *reacțiilor chimice*, *electrochimice* sau *biochimice* dintre apă și materialele cu care vine în contact.

Coroziunea cauzează degradarea calității apei, performanțele infrastructurii și degradarea elementelor componente ale rețelelor de distribuție a apei [5]. Coroziunea influențează cel mai mult conductele

metalice dar și cele din azbociment, mai puțin pe cele din materiale plastice.

După natura reacțiilor care provoacă degradarea materialelor instalației, coroziunea poate fi: *chimică*; *electrochimică* sau *biochimică*. *Coroziunea chimică* se produce în urma reacțiilor chimice dintre materialul conductelor și apă. *Coroziunea electrochimică* se produce datorită existenței intrinseci a unui element galvanic (anod, catod, un electrolit și un element bun conducător) la contactul dintre cele două medii, respectiv apa și metalul. Coroziunea electrochimică are cea mai mare contribuție la corodarea componentelor metalice pe bază de fier. *Coroziunea biochimică* este provocată de activitatea vitală, metabolică sau excretorii a unor microorganisme, însoțind de cele mai multe ori coroziunea electrochimică. Aceasta poate produce coroziunea atât la materiale metalice cât și la cele nemetalice (beton, ceramică, materiale polimerice).

**Depunerile** pe pereții interiori ai conductelor se datorează abilității microorganismelor de a adera la diferite suprafețe, formând un strat numit biofilm, care se dezvoltă continuu ducând la înfundarea conductelor și înrăutățirea calității apei prin reducerea capacității de dezinfecție.

În figura 1 se prezintă două conducte de apă, metalice (a) și material plastic (b), după o perioadă de funcționare – în partea stângă și noi – în partea dreaptă. Se observă că după o perioadă de folosire conducta metalică prezintă rugozități formate în urma coroziunii și depunerilor iar conducta din plastic prezintă rugozități formate numai prin depuneri [3].



Fig. 1. Conducte metalice (a) și din materiale plastice (b), noi (stânga) și cu depuneri (dreapta)

Coroziunea și depunerile sunt considerate procesele negative, cu cel mai mare impact asupra securității (fiabilitate, calitate apă) sistemelor

de alimentare cu apă (SAA), motiv pentru care reducerea efectelor acestora este o necesitate actuală. [4].

## 2. Factorii de influență ai coroziunii și depunerile

Sunt funcție de *caracteristicile fizico-chimice ale materialelor constituente* - ca elemente supuse coroziunii și *ale apei* - ca mediu coroziv. Toate categoriile de materiale folosite la SAA sunt supuse procesului de coroziune, ele se deosebesc prin intensitatea coroziunii, care la metale este mult mai mare decât la cele nemetalice. Cele mai rezistente la coroziune sunt materialele plastice și ceramice

Factorii care influențează coroziunea din partea apei sunt de natură *fizică, chimică și biologică* [3].

*Factorii fizici* includ caracteristicile curgerii și temperatura. La curgeri lente sau stagnări ale apei, coroziunea și depunerile sunt mai intense, iar la curgeri cu viteze mari apare fenomenul eroziunii suprafețelor. Variația temperaturii influențează intensitatea coroziunii, cu creșterea temperaturii crescând și viteza de corodare și a depunerilor.

*Factorii chimici ai apei* includ alcalinitatea, pH-ul, duritatea, conductivitatea, conținutul în O<sub>2</sub> dizolvat și prezența sulfaților sau clorurilor, respectiv a acceleratorilor sau inhibitorilor de coroziune.

Cele mai importante caracteristici ale apei [1,2], din punct de vedere al corozivității și depunerilor, sunt pH-ul, alcalinitatea și duritatea. Interdependența dintre aceste caracteristici este dată de curba lui Baylis [6]. Conform acesteia, apa cu un pH scăzut (<7) și alcalinitate scăzută este considerată corozivă, iar apa cu pH-ul și alcalinitatea ridicată favorizează depunerile. Conform acestei curbe există o zonă în care apa este stabilă din punct de vedere a corozivității și a depunerilor. Aducerea apei în această zonă, prin diferite metode, este cheia controlului coroziunii și depunerilor. Duritatea scăzută a apei nu asigură o protecție prin intermediul carbonatului de calciu.

Conductibilitatea electrică cu cât este mai mare cu atât crește corozivitatea apei, deoarece corozivitatea este un proces electrochimic. Oxigenul dizolvat cu valoarea peste 3-5 mg/l favorizează coroziunea. Nivelul ridicat al clorurilor și sulfaților duc la creșterea coroziunii.

## 3. Controlul coroziunii și depunerilor

Se poate realiza prin *metode fizice* și *metode chimice*. Metodele fizice constau în reabilitarea instalațiilor prin reparare, utilizarea unor materiale cu mare rezistență la coroziune și cu afinitate scăzută la

depuneri, protejarea suprafețelor prin acoperirea cu pelicule anticorozive, îndepărtarea mecanică a crustei etc. Metodele fizice sunt costisitoare și presupun întreruperea funcționării instalației.

Cele mai indicate metode de control a coroziunii, sunt cele care utilizează substanțele *chimice ca inhibitori*, care se pot aplica cu bune rezultate la toate categoriilor de conducte (oțel, fontă, beton, materiale ceramice, materiale plastice).

*Inhibitori chimici*, introduși în conductă, formează un strat izolator electric sau strat impermeabil pentru elementele chimice din apă, care împiedică sau suprimă reacțiile electrochimice și biochimice dintre apă și materialul conductelor. Ca substanțe chimice, pentru prevenirea coroziunii, se pot utiliza diferiți *aditivi cu rol de inhibitori*. respectiv: fosfați, silicați, precum și cei care afectează cantitatea de carbonați din apă – precum hidroxidul de calciu, hidroxidul de sodiu, bicarbonatul de sodiu și carbonatul de sodiu.

Metodele chimice asigură o protecție anticorozivă continuă a sistemului, prin adăugarea controlată de inhibitori pe toată perioada funcționării sistemului. Se menționează că utilizarea inhibitorilor a contribuit și la creșterea eficienței dezinfecției cu clor.

Cercetările aplicative au ca obiectiv principal: *reducerea coroziunii și depunerilor* la un sistem de alimentare cu apă potabilă, iar ca obiectiv secundar: *stabilirea unei tehnologii de protecție anticorozivă a conductelor și conservare a calității apei în rețeaua de distribuție* ce alimentează cu apă potabilă municipiul Cluj-Napoca, prin utilizarea inhibitorilor chimici.

#### 4. Cercetări experimentale

Cercetările experimentale s-au desfășurat în cadrul sistemului de alimentare cu apă Someș SA Cluj, folosind o soluție pe bază de silicați și ortofosfați, complet solubilă în apă și inofensivă pentru consumatori. Principalele caracteristici chimice ale soluției sunt: continut de  $PO_4$ : 11,8%; continut de  $SiO_2$ : 11,2%; continut de hidroxid de siliciu: 5,7%; nivel de pH: 10,7; densitate: 1,3 kg/l la 20°C.

Soluția este absorbită la anod și formează un film molecular foarte subțire, acționând ca un strat izolator care oprește reacțiile electro-biochimice responsabile de coroziune și depuneri. În același timp polifosfații din soluție protejează zona catodică a conductei. Cercetările au urmărit să stabilească o dozare optimă a soluției inhibitor, astfel încât să asigure o protecție anticorozivă eficientă.

În cadrul cercetărilor s-au realizat:

- Evaluarea caracteristicilor apei brute (din sursa de alimentare);
- Evaluarea caracteristicilor apei potabile (după tratare);
- Dozarea soluției chimice (inhibitorul) în apa potabilizată și
- Evaluarea intensității coroziunii și depunerilor pe conducte.

*Evaluarea caracteristicilor apei* brute a constat în determinarea pH-ului și alcalinității apei din Lacul Tarnița și sursele subterane Florești. Pentru caracterizarea apei, din punct de vedere al corozivității și depunerilor s-a folosit curba Baylis [Fig.2] care redă grafic relația dintre stabilitatea, pH-ul și alcalinitatea apei.

Reprezentarea pH-ului și alcalinității apei pe acest grafic (punctele roșii) ne indică următoarele: apa din sursa de suprafață provenită din lacul Tarnița, este caracterizată de un pH ușor bazic (7.20-7.50), și o alcalinitate redusă (30-40 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), comparativ cu apa provenită din sursa subterană Florești, care are o alcalinitate mai mare (90-120 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), dar un pH neutru (6.90-7.10), ambele încadrându-se în zona corozivă conform Curbei lui Baylis. Rezultă că sursele de apă ale orașului Cluj-Napoca au caracterul coroziv, fiind necesară corectarea caracteristicilor apei.

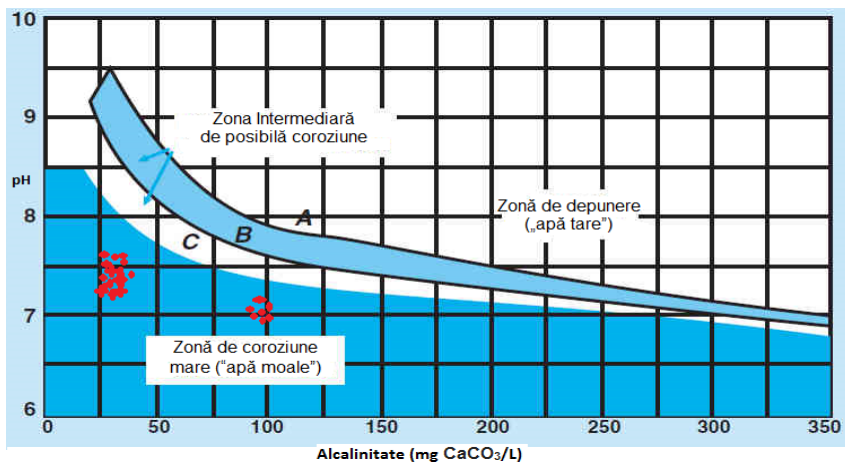


Fig.2 Reprezentarea pH-ului și alcalinității pe Curba Baylis, pentru sursele de apă ale orașului Cluj-Napoca

Caracteristicile determinate ale apei potabile, după ieșirea din stația de tratare, sunt: pH: 7,1-7,3; conductivitate: 80-100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; TDS: 45-60 mg/l; alcalinitate totală: 0,4 milimoli/l - 20 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ; bioxid de carbon legat sub formă de bicarbonati - 19 mg/l; alcalinitate permanentă - 0,4

milimoli/l; bioxid de carbon legat sub forma de carbonati - 0 mg/l; duritate totala ~2 grade germane ~44 mg/l CaCO<sub>3</sub>; calciu ~14 mg/l Ca.

Începând cu luna ianuarie 2016 s-a demarat dozarea soluției în conductele de plecare ale stației de tratare Gilău. Pentru un debit de 6500 mc/h, doza de soluție injectată fiind de 10 mg/m<sup>3</sup>. Dozarea soluției s-a realizat cu ajutorul unei instalații speciale, destinată acestui scop, compusă din 3 recipiente de 6000 litri fiecare si două pompe dozatoare identice care pompează un debit de 7.5 l/h direct în cele doua aducțiuni cu Dn 1400 mm si Dn 1000 mm, care transportă apa potabilă de la stația de tratare la consumatori.

Rezultatele analizelor fizico-chimice au evidențiat următoarele.

Conținutul de ortofosfați în rețeaua de distribuție, după 6 luni de tratare cu soluție (ianuarie-iulie 2016) a atins o valoare medie de 0,2 mg/l în perioada de formare a filmului protector (Fig.3).

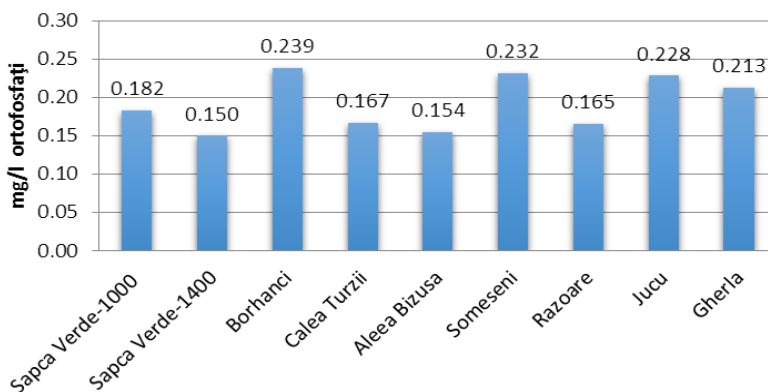


Fig. 3. Valorile medii ale concentrației de ortofosfați în perioada 01.01.2016-01.07.2016

În următoarele șase luni (august 2016 - februarie 2017), concentrația de ortofosfați arată o creștere medie de aprox. 30%, față de perioada ante-rioară, concentrația medie fiind de 0.27 mg/l. Valorile concentrației de orto-fosfați indică faptul că filmul protector de silicați alcalini este în stadiul de formare. Acest stadiu, corelat cu concentrația de ortofosfați din rețeaua de distribuție se estimează la ~30% pentru Municipiul Cluj-Napoca, zona Jucu. Filmul protector se consideră format la o valoare reziduală a concentrației de ortofosfați de ~1.0 mg/l. După formarea filmului protector este necesară menținerea unei doze de

întreținere al acestuia, altfel filmul protector format dispare în maxim 6 luni de la încetarea dozării soluției.

După dozarea soluției în rețea s-a procedat la analiza impactului asupra calității apei, a coroziunii și depunerilor. În acest sens au fost monitorizați următorii indicatori: clorul rezidual liber; pH-ul; turbiditatea și concentrația de fier.

Clorul rezidual s-a monitorizat în mai multe puncte ale rețelei din Cluj-Napoca, constatându-se o stabilizare și creștere a concentrației atât în zona centrală cât și în punctele aflate la extremitățile rețelei. În figura 4 se prezintă graficul variației clorului rezidual liber din zona Piața Mihai Viteazu, unde acesta a crescut de la valori de 0.09 mg/l la valori de 0,4 mg/l, stabilizându-se. Explicația stabilizării clorului este dată de formarea filmului protector pe pereții conductelor și reducerea reacției dintre clor și oxizi de fier din apă. În urma formării filmului protector se conservă și calitatea apei.

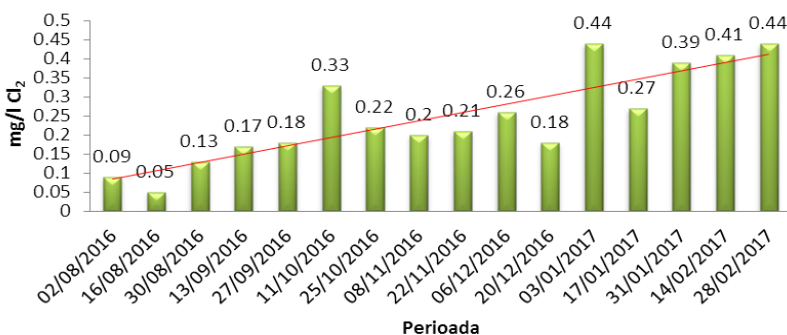


Fig. 4. Variația clorului rezidual liber din zona Piața Mihai Viteazu

În ceea ce privește pH-ul, pentru probele luate din zona municipiului Cluj-Napoca s-a înregistrat o stabilizare a acestuia de la 6,9-7,1 – înainte de introducerea soluției inhibitor, la valori de 7.15-7.2 la șase luni după introducerea soluției și la valori de 7.2-7.35 pentru ultimele șase luni, august 2016-februarie 2017, (Fig.5).

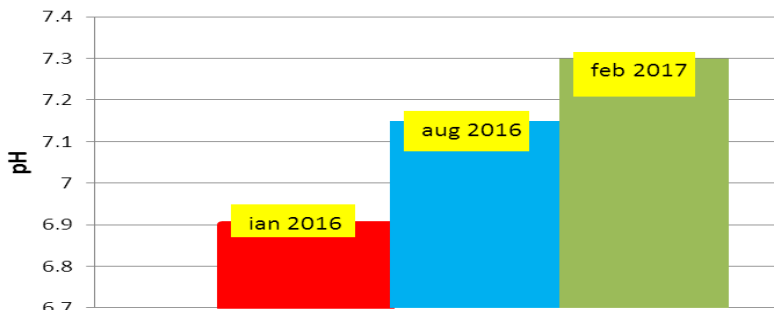


Fig. 5. Variația pH-ului pe perioada a 12 luni – valoare medie pe toate zonele monitorizate

Analizele de turbiditate, în punctele principale de recoltare, arată o scădere a acesteia cu cel puțin 50%, de la valori de 0.8-1.0 NTU la valori de 0.3-0.5 NTU. Această scădere se poate datora formării peliculei protectoare și izolării zonei corodate anterior (Fig.6).

◆ Manastur Flora    ■ Piața Mihai Viteazu    ▲ Aleea Bizușa    ✕ Colonia Borhanci    ✦ Someșeni

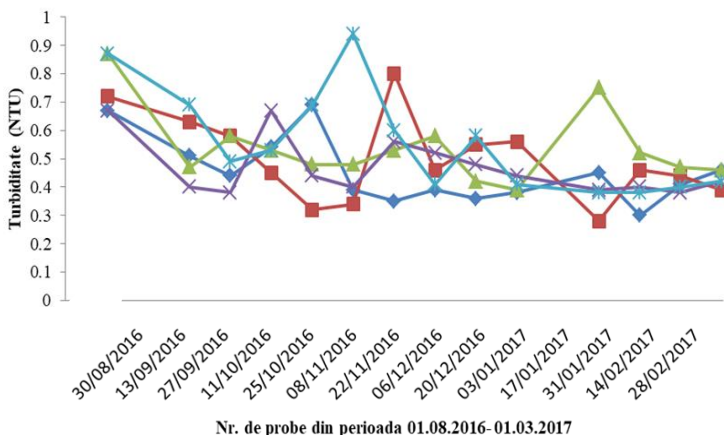


Fig.6. Variația turbidității în perioada 01.08.2016-01.03.2017

Monitorizarea concentrației de fier în zona Mănăstur, Oașului, Piața Mihai Viteazu, Piața Abator, Gruia - zone unde s-au înregistrat valori aproape de limită sau depășiri ale concentrației legal admise (peste 0,2 mg/l), arată în ultimele 3 luni o normalizare. De exemplu, în Piața Mihai



Viteazu concentrația de fier total a scăzut de la 0.197 la 0.03 mg/l Fe (Fig.7).

Concentrația de fier total constituie unul din cei mai semnificativi indicatori ai coroziunii. Scăderea acestui indicator arată că utilizarea acestui inhibitor chimic este eficientă și posibil de aplicat.

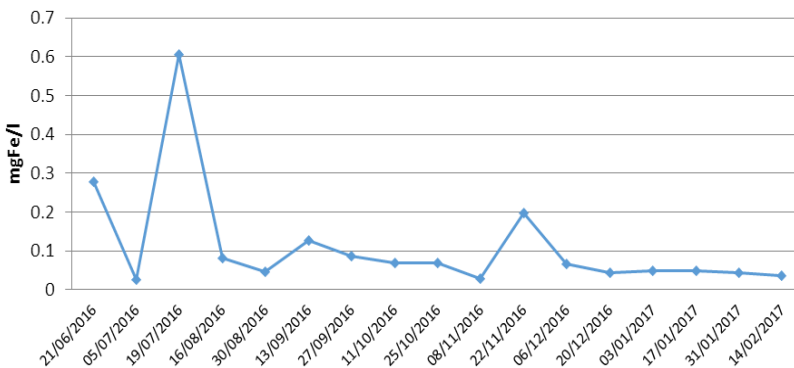


Fig.7. Variația concentrației de Fe din punctul de prelevare Piața Mihai Viteazu

Ținând cont că în aceste 12 luni de experimentări cantitatea dozată de 10 mg/m<sup>3</sup> a reprezentat doar 30% din cantitatea recomandată, care cumulată cu complexitatea rețelei de distribuție și lungimea ei, conduce la concluzia că timpul de stabilizare a filmului protector este mai mare, ceea ce face ca dozarea să se facă cel puțin 24 de luni pentru atingerea valorii de stabilizare a filmului protector, după care se poate trece la doza de întreținere mai redusă cantitativ.

## 5. Concluzii

În urma cercetărilor experimentale se desprind următoarele:

- A fost stabilizat pH-ul apei la valori cuprinse între 7.2-7.35, crescând de la 6,9 – 7,1, ceea ce a condus la reducerea coroziunii;
- S-a redus simțitor concentrația de fier din apă, evidențiind în aceeași măsură reducerea coroziunii conductelor. În unele zone concentrația a scăzut aproape de trei ori;
- Clorul rezidual liber, respectiv concentrația dezinfectantului s-a stabilizat la valori optime în apă.

- Turbiditatea apei a scăzut cu peste 50% în majoritatea punctelor monitorizate, de la valori de 0.8-1.0 NTU la valori de 0.3-0.5 NTU. Acest lucru indică faptul că pelicula de protecție anticorozivă realizată de inhibitor s-a format deja pe suprafețele conductelor.
- Prin efectele produse asupra rețelei și caracteristicilor fizico-chimice ale apei, s-a inhibat și procesul de dezvoltare secundară a bacteriilor patogene în apă potabilă.
- Se poate afirma cu certitudine că folosirea acestui inhibitor reprezintă o metodă eficientă pentru creșterea fiabilității SAA și conservarea calității apei în rețeaua de distribuție.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Moșneag, S.C., Popescu, V., Neamțu, C., Monitoring of the Quality of the Drinking Water from the WTP Gilău, Obtained from the Surface Water in 2012, ProEnvironment, vol. 6, p 465 – 471, 2013.
- [2] Neamțu, C., Croitoru, V.-L., Ciataras, D., Decreasing the environment impact and securing water supply safety through water and waste water infrastructure modernization, Studia Universitatis Babeș-Bolyai series, "Geographia" volume 55 No.1 ISSN:1221-079X, Cluj University Press, 2010.
- [3] Ripp, K.M., Causes and Cures of Distribution System Corrosion, American Water Works Association, June 2000.
- [4] Roș, V., Nașcu, H., Chira, R., Controlul poluării apei în agricultură. Editura Todesco, Cluj-Napoca, 2003.
- [5] <http://www.thewatertreatments.com/corrosion/corrosion/>
- [6] <https://kyocp.wordpress.com/2013/02/27/corrosive-water/>

Ing. Vasile Călin NEAMȚU  
Compania de Apă „SOMEȘ” S.A. Cluj  
e-mail: calin.neamtu@casomes.ro

Prof. Dr. Ing. Victor ROȘ  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
e-mail: vctrros@yahoo.com

Șef lucr. Dr. Ing. Lucian V. FECHETE-TUTUNARU  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
e-mail: lucian.fechete@auto.utcluj.ro