



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",  
SEBEȘ, 2011

## **INFLUENȚA FACTORILOR ATMOSFERICI POLUANȚI ASUPRA MATERIALELOR DE CONSTRUCȚIE FOLOSITE LA MUZEUL DE ARTĂ CLUJ-NAPOCA**

Ioana POPIȘTER, Corina IORDĂCHESCU,  
Voicu DUCA, Elena Maria PICĂ

### **RESEARCHES AND STUDIES OF THE INFLEUNCE OF POLLUTING ATMOSPHERIC FACTORS ON THE BUILDING MATERIALS USED AT THE ART MUSEUM IN CLUJ-NAPOCA**

This paper represents an interdisciplinary study, and wishes to be an attempt of restoration/conservation of cultural heritage. The purpose of the paper is to observe study and classify the alteration and decay processes of the building material used at the Cluj-Napoca Art Museum.

The alteration and decay processes can differ from one material to another, and it can have different causing phenomena, the most harmful being the air pollution, which along with the rain can produce several alteration phenomena: the so-called "black crust", material exfoliations and salt efflorescence.

There have been made two X-ray Powder Diffraction analysis, on the samples taken from the Art Museum in Cluj-Napoca, one on the black crust (shows a high quantity of magnesium calcite, sulfates, and some quartz traces), and one on the salts present on limestone (show a high quantity of thenardite, and some quartz and calcium traces).

Keywords: air pollution, cultural heritage, acid rain, black crust, monuments degradation

Cuvinte cheie: poluare atmosferică, patrimoniu cultural, ploaie acidă, crustă neagră, degradarea monumentelor

## 1. Introducere

Atmosfera poluantă poate influența semnificativ procesele de degradare ale materialelor, astfel că multe dintre monumentele valoroase și unice ale patrimoniului românesc suferă de efectele degradante ale mediului poluat în care se află, prezentând diferite nivele și fenomene de degradare, care presupune astfel și diferite costuri de reabilitare și conservare.

Pentru a-și asigura condițiile de trai, omul utilizează permanent resursele naturale din mediul înconjurător: animale, plante, resurse ale solului și subsolului (minereuri, cărbune, petrol, sare), gaze, apă etc. În urma utilizării și procesării resurselor primare rezultă și produse secundare neutralizabile cum sunt: gaze, praf, produsele lichide și solide care sunt evacuate în mod permanent în natură. O parte din aceste produse evacuate se reintegrează în ciclurile naturale ale mediului, pentru refacerea unor elemente, iar altele se acumulează, provocând dezechilibre ecologice, adică poluează [1].

## 2. Fenomene de degradare

Încă de la începutul secolului XX au putut fi observate fenomene de degradare ale materialelor de construcții utilizate la realizarea monumentelor și a obiectelor de artă.

Fenomenele de degradare variază în funcție de tipul de rocă folosit la construcția monumentului, dar și în funcție de factorii care influențează reacțiile chimice care duc la apariția fenomenelor de degradare.

Henley (1967) [2] a demonstrat cum poate fi substituit carbonatul de calciu din materialele de construcție, aproape în totalitate de gips sau chiar de depozite carbonatice dure de culoare neagră.

Există mai multe tipuri de mecanisme care pot deteriora structura construcțiilor, care depind de geneza, granulația și compoziția mineralogică a materialelor. Proprietățile principale ale materialelor, din punctul de vedere al degradărilor sunt compoziția chimică și porozitatea.

Degradările observate la materialele calcaroase au apărut ca urmare a acțiunii apelor meteorice asupra suprafeței materialelor, dar și a vântului care transportă particulele care împreună cu apa sunt transportate în interiorul materialelor.

Fenomenele de degradare ale materialelor calcaroase pot fi clasificate astfel:

- "colonizări" biologice;

- exfolieri (în fulgi sau plăci - în funcție de gradul de compactare al calcarului folosit);
- crustă neagră sau peliculă de mizerie pe suprafața materialului;
- eflorescențe de săruri (ca urmare a reacțiilor dintre material, apa meteorică și a sărurilor transportate de vânt, sau a sărurilor prezente în sol) [2].

Lucrarea de față prezintă fenomenele de degradare observate la Muzeul de Artă Cluj, și anume: crustă neagră, exfolieri ale materialului și eflorescențele de săruri.

### **3. Acțiunea atmosferei poluante asupra materialelor de construcții**

Principalul fenomen de degradare al monumentelor aflate în orașele mari îl reprezintă poluarea atmosferică.

Materialele de construcție care sunt cel mai puternic afectate de poluarea acidă a aerului sunt cele care conțin o cantitate însemnată de calcit, cum ar fi marmura, calcarele, gresiile dar și mortarele.

Compușii naturali și poluanții artificiali care au o influență majoră în degradarea materialelor de construcție sunt: dioxidul de carbon, oxizii de sulf, oxizii de azot, iar în cazuri particulare, amoniacul, ozonul. Totuși primii trei compuși sunt cei care au capacitatea de a se dizolva în apa care intră în contact cu suprafețele calcaroase.

Poluanții eliminați din atmosferă fie prin sedimentare uscată, fie prin sedimentare umedă, ajung pe suprafața umedă a materialului de construcție. Depozitele umede sunt în strânsă legătură cu cantitatea de aer din vecinătatea receptorului (monumentul), și facilitează încorporarea particulelor în picăturile de ploaie, și înlăturarea acestora prin precipitații.

Atât depozitele uscate cât și cele umede pot cauza degradări însemnate materialelor folosite la construcția monumentelor [3]. Acțiunea de degradare a depozitelor uscate și umede asupra materialelor de construcție depinde de tipul de poluant și de climat, depozitele uscate având o importanță însemnată în zonele cu poluare intensă.

De asemenea, produsele acumulate care rămân în suspensie în atmosferă ajung prin intermediul ploilor pe suprafața poroasă a calcarelor, care reacționează cu acestea, iar reacțiile chimice care apar pot duce la formarea mai multor tipuri de fenomene de degradare, cum ar fi **crusta neagră** (Fitzner & Kownatzki, 1991) [4].

Aceasta reprezintă pelicula formată din particulele aflate în suspensie în aerul din jurul monumentului, care pătrund în porii calcarelor, cauzând tensiuni în rețeaua internă.

Ca urmare rezultă unele fisuri, care ulterior conduc la desprinderi, și chiar pierderi de material, datorită faptului ca această peliculă nu permite un transfer termic normal între calcar și mediul înconjurător [4]. În figura 1 este reprezentat rezultatul analizei RX realizată pe proba de crustă neagră prelevată de pe coloanele din pasajul de la intrarea în incinta Muzeului de Artă Cluj-Napoca.

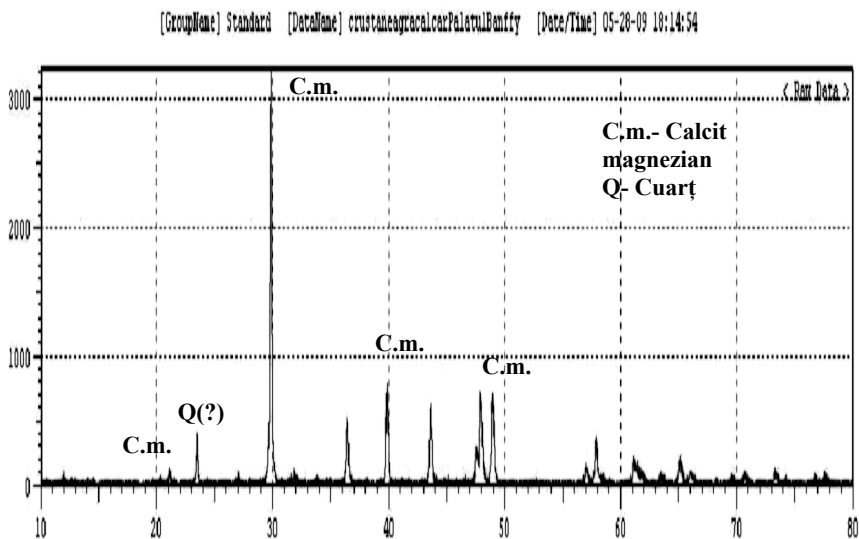


Fig. 1 Analiza RX a probei de crustă neagră pe calcar, Muzeul de Artă, Cluj (Palatul Banffy)

### 3.1. Influența eflorescențelor de săruri asupra materialelor de construcție

Materialele de construcție din piatră naturală pot suferi fenomene de degradare cauzate și de apariția eflorescențelor de săruri astfel: atmosfera poluată reprezintă o sursă majoră de sulfatați și nitratați, sărurile dizolvate în sol care ajung în interiorul materialelor prin intermediul igrasiei.

Sub acțiunea vântului pot fi transportate particulele aflate în suspensie.

De asemenea, materialele utilizate pentru curățarea monumentelor precum și materialele de construcții incompatibile sunt considerate tot surse de degradare [5].

Degradările cauzate de eflorescențele de săruri pot apărea în urma cristalizării sărurilor din soluții, și hidratarea sărurilor aflate într-o stare inferioară de cristalizare.

Calcarele în care predomină capilare cu diametru apropiat de  $1\mu\text{m}$ , frânează deplasarea apei în volumul rocii și favorizează transportul soluțiilor care vor cristaliza săruri la adâncime relativ mare în raport cu suprafața, cauzând astfel defecte în rețea.

Aceste defecte ulterior vor duce la fragmentarea materialului, fenomenul apărând în cazul în care migrarea sărurilor este mai lentă decât rata de uscare a materialului. În cazul în care migrarea sărurilor la suprafața materialului este mai rapidă decât rata de uscare a materialului, cristalele se depun la suprafața materialului, formând astfel eflorescențe vizibile, care nu degradează materialul.

În figura 2 se observa rezultatul analizei RX a sărurilor prelevate de pe suprafața calcarelor folosite drept pavaj la soclul Muzeului de Artă Cluj-Napoca.

[Group/Name] Standard [Date/Name] sarecalcar/PalatulBanffy [Date/Time] 05-28-09 15:47:16

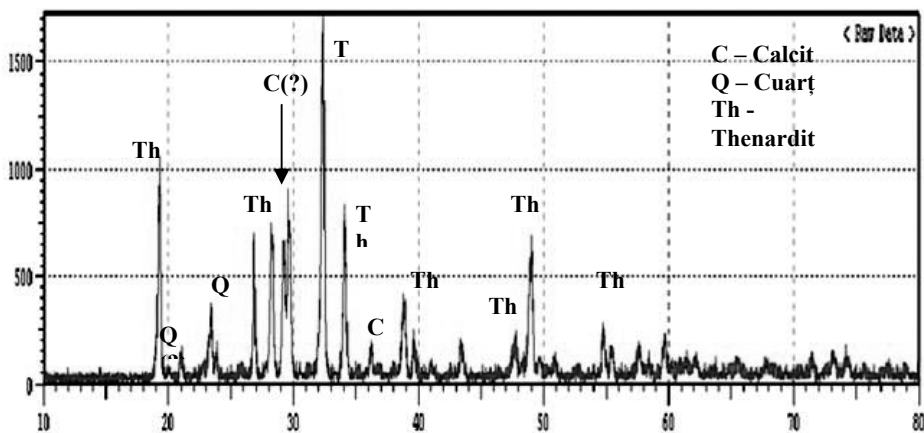


Fig. 2 Analiza RX a probei de eflorescențe de săruri pe calcar, Muzeul de Arta, Cluj (Palatul Banffy)

### 3.2. Influența ploilor acide asupra calcarelor

Apa care circulă prin interiorul materialelor de construcție reprezintă o potențială sursă de degradare, care în anumite situații

trebuie prevenită, prin instalarea unor canale sau rețele de drenaj. Apele meteorice conțin  $\text{CO}_2$  dizolvat, care formează un acid care dizolvă carbonatul de calciu prin formarea bicarbonatului de calciu solubil.

Procesul poate fi uneori urmat de colorații datorită reprecipitării materialelor dizolvate.

Dioxidul de sulf reacționează cu apa, formând inițial acidul sulfuros, care la contactul cu aerul este transformat la acid sulfuric.



Fig. 3 Exfolierea calcarului sub acțiunea apelor meteorice acide, Muzeul de Artă, Cluj (Palatul Banffy)

Pe suprafața blocurilor de material pot apărea urme de eroziune, care se recunosc prin prezența cavităților și a rotunjimii accentuate a colțurilor, dar și prin exfolieri de material, așa cum se poate observa și în figura 3 [6].

#### 4. Concluzii

■ Pentru asigurarea nevoilor zilnice, este nevoie de consumarea unor cantități însemnate de materie primă.

- Industriile producătoare degajă în atmosferă nenumarate tone de gaze, și particule rezultate în urma proceselor de fabricație, acestea fiind cele mai importante cauze care duc în timp la degradarea monumentelor, astfel riscând pierderea moștenirii lăsate de străbuni care a marcat o anumită perioadă din istoria noastră, sau chiar un eveniment de mare amploare.

Aceste gaze și particule rămân în atmosferă, producând treptat daune atât asupra sănătății umane, cât și asupra patrimoniului cultural.

- În ultimii ani s-au stabilit anumite norme de protecție a mediului înconjurător care trebuie respectate de industriile producătoare.

- Degradarea monumentelor diferă în funcție de tipul de material de construcție folosit, dar și de mediul în care se află monumentul (a cantității și tipului de poluant, dar și de nivelul de aciditate al apelor meteorice care poate fi influențat și de vânturi).

- Astfel fenomenele de degradare având diferite cauze provocatoare acționează diferit, contribuind la distugerea patrimoniului cultural al țării, noastre care în timp face ca istoria acestor momumente să fie uitată.

- Reabilitarea și conservarea monumentelor reprezintă două procese care necesită un timp îndelungat, sunt dificile și costisitoare, de care se pot bucura doar anumite monumente.

**Notă:** This paper was supported by the project "Improvement of the doctoral studies quality in engineering science for development of the knowledge based society-QDOC" contract no. POSDRU/107/1.5/S/78534, project co-funded by the European Social Fund through the Sectorial Operational Program Human Resources 2007-2013.

## BIBLIOGRAFIE

[1] Crabbe, H., Hamilton, R., *Environment, Pollution and Effects*, in J. Watt et al. (eds.), *The Effects of Air Pollution on Cultural Heritage*, Springer Science-Business Media, 2009, pag. 1-28.

[2] Sabbioni, C., *Mechanisms of air pollution damage to stone*, in Brimblecombe, P., *Air Pollution Reviews - Vol. 2 The Effects of Air Pollution on the Built Environment*, Imperial College Press., University of EastAnglia, UK, 2003.

[3] Saiz-Jimenez, C., Brimblecombe, P., Camuffo, D., Lefèvre, R., Van Grieken, R., *Damages caused to European monuments by air pollution: assessment and*

*preventive measures* in C. Saiz-Jimenez, Air Pollution and Cultural Heritage, 2004, pag. 91-110.

[4] Grassegger, G., *Decay mechanisms of natural building stones on monuments: A review of the latest theories*, in: S. Stumpp, M. Krüger & C. Große (Editors), Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen, Press, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Stuttgart, 1999, pag. 54-81.

[5] Van Grieken, R., Delalieux, F., Gysels, K., *Cultural heritage and the environment*, in Pure&Applied Chemistry, Vol.70, Nr,12, Marea Britanie, 1998, pag. 2327-2331.

[6] \* \* \* <http://pubs.usgs.gov/gip/acidrain/5.html> *How does acid precipitation affect marble and limestone buildings?*

Drd.Ing. Ioana POPIȘTER  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
Drd.Ing. Corina IORDĂCHESCU  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
Lector Voicu DUCA  
Universitatea "Babeș-Bolyai" Cluj-Napoca  
Prof.Dr. chim. Elena Maria PICĂ  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca