PROBLEME DE BIODETERIORARE LA PIATRĂ

MIRCEA POPESCU

Numeroase opere de arhitectură şi sculptură, dintre cele mai valoroase edificii, vestigii ale trecutului, sînt ameninţate de ruină dacă nu se găseşte remediul care să stăvilească viteza de degradare a pietrelor.

De mai mult de un secol, petrografi, fizicieni, chimişti, biologi au fost preocupaţi de detectarea factorilor care joacă un rol în alterarea pietrei şi de găsire a unor mijloace de prevenire sau combatere a procesului.

Cercetările din ultimii 15—20 de ani pledează pentru ideea că aceste alterări, nu sînt niciodată în exclusivitate mineralogice, fizico-chimice sau biologice.

Deteriorarea monumentelor de piatră a constituit o preocupare importantă a oamenilor de ştiinţă încă de la începutul acestui secol. Astfel, din 1906 s-au întreprins numeroase acţiuni de cercetare a cauzelor de degradare a unor monumente istorice din marile capitale ale Europei: Viena, Berlin, Londra, Bruxelles, Paris, etc.

În 1965 s-a creeat un comitet internaţional al pietrei la Roma (I.C.O.M.O.S.).

La noi în ţară cercetări asupra biodeteriorării pietrei au întreprins: Lucia Dumitru, I. Lazăr, F. Popa, J. Neculce (5), Ş. Constantinescu, Gh. Preda (2), Aurelia Igna, Şt. Kiss, D. Rădulescu (8), I. Ioniţă (9, 10, 12, 13), I. Ioniţă şi L. Vasiliu (11), I. Lazăr şi L. Dumitru (15), I. Lazăr (16), J. Neculce (19).

Cercetările din domeniul deteriorării pietrei depind de numeroşi parametri biologici, fizici, chimici, climatici, în care marea varietate a materialelor utilizate, diversitatea microclimatelor, natura apelor stagnante, intensitatea şi chimia ploilor, temperatura, vîntul, natura depozitelor, complică foarte mult problema.

În cazul construcţiilor problema este şi mai complicată ca în cazul unor pietre izolate.

Există, de asemenea, problema expoziţiei, pietrele sînt orientate diferit după cum ele se găsesc pe o faţadă sau alta cu toate consecinţele

https://biblioteca-digitala.ro

care rezultă: soare sau umbră, influenţa eoliană, abateri accentuate de temperatură, în plus sau în minus, între zi şi noapte.

În funcţie de această situaţie se impune o cercetare fundamentală care cuprinde cauzele şi procesele deteriorării, în scopul deducerii remediilor corespunzătoare şi o cercetare aplicativă care cuprinde experimentarea sistematică a proceselor şi produşilor destinaţi prevenirii, încetinirii sau opririi proceselor cu eventuala remediere a distrugerilor.

În acest scop, s-au întreprins observaţii asupra pieselor din lapidariul Muzeului Olteniei şi Muzeului din Caracal: 80 de piese; 60 de monumente funerare de artă din cimitirele Sineasca, Ungureni din Craiova şi 20 monumente de artă (statui) din Craiova. S-au făcut cercetări în laborator: determinarea materialului colectat, analize chimice, măsurători de climatologie, analiza apelor de ploaie, analiza apelor stagnante.

Contribuţia factorului biologic în procesul de biodeteriorare al pietrei

Factorul biologic este reprezentat de activitatea bacteriilor, algelor, ciupercilor microscopice, lichenilor, muşchilor şi a plantelor superioare (Fig. 1, 2, 3, 4, 5). Toate acestea acţionează în sens distructiv asupra pietrelor în anumite condiţii fizico-chimice şi de microclimat.

În general, modul prin care organismele vii contribuie la deteriorarea pietrei este *fizic şi chimic*. Mai puţin bacteriile şi ciupercile microscopice şi în măsură mai mare muşchii, lichenii acţionează în mod fizic asupra pietrei, dezvoltîndu-se în fisurile şi porii acestora şi contribuind la mărirea spaţiilor. Dar acţiunea distrugătoare a organismelor vii este, mai ales *chimică*. Acizii organici şi anorganici rezultaţi în cursul metabolismului diferitelor grupe de bacterii, ciuperci, alge, licheni şi muşchi, contribuie la distrugerea unor constituienţi din compoziţia pietrei printr-o acţiune de solubilizare a compuşilor insolubili, ceea ce determină o spălare prin intermediul apei a acestora şi în consecinţă o spălare a texturei pietrei şi accelerarea proceselor de deteriorare. Solubilizarea microbiană este mult mai intensă decît solubilizarea chimică.

În toate cazurile, la nivelul suprafeţelor pietrelor atacate de microorganisme se află substanţe organice în concentraţii foarte reduse. În acest fel este uşurată instalarea unei flore heterotrofe sau autotrofe.

Bacteriile sînt organisme cu rol foarte important în biodeteriorarea pietrei (Fig. 6). Mai concret, bacteriile heterotrofe acţionează prin formarea în mediu a acizilor organici (formic, acetic, propionic, butilic, oxalic, malonic, succinic, fumaric, lactic, piruvic, citric şi gluconic).

https://biblioteca-digitala.ro

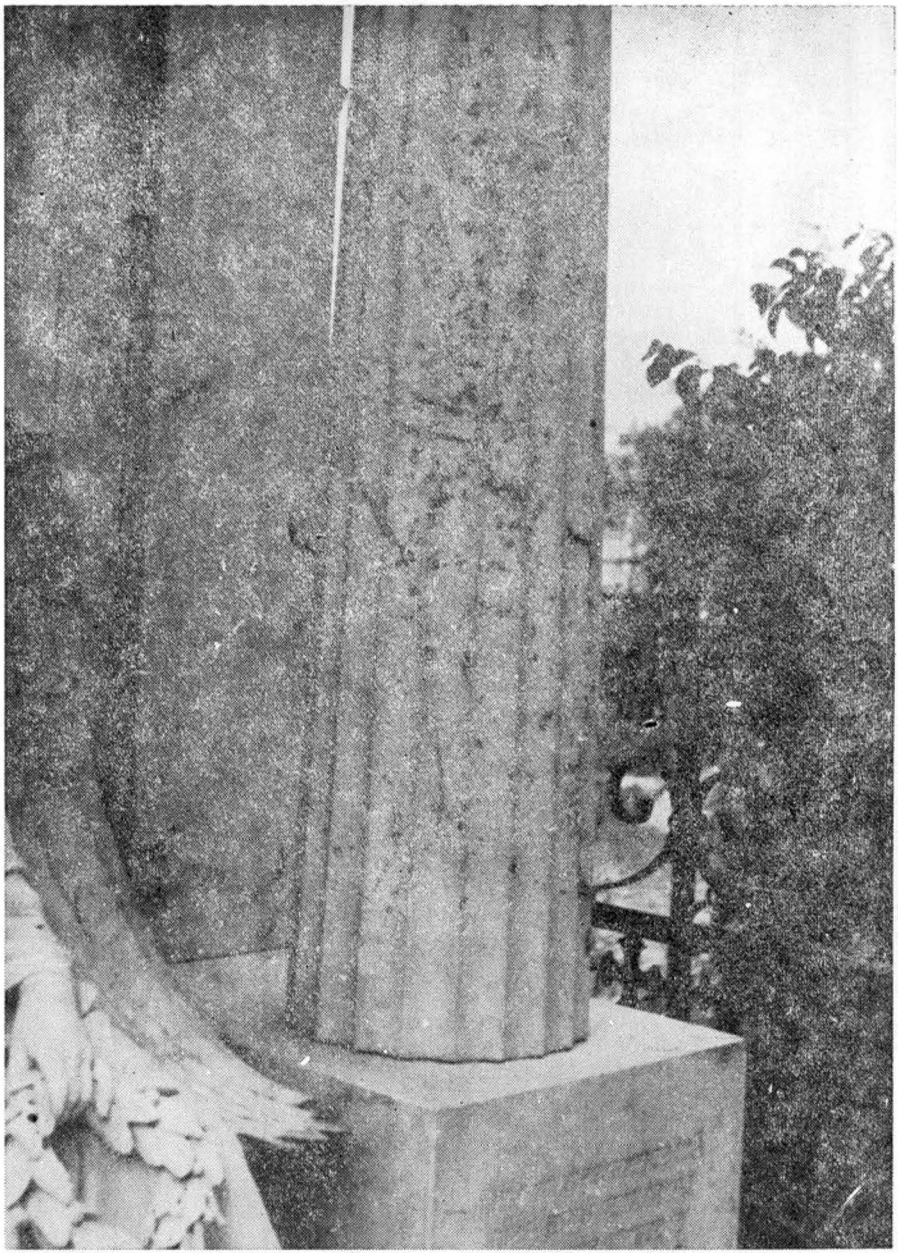

Fig. 1. Aspecte de biodeteriorare produse de iederă la o coloană de marmură.

https://biblioteca-digitala.ro

Fig. 2. Aspect de biodeteriorare produs de muşchi şi licheni.

https://biblioteca-digitala.ro

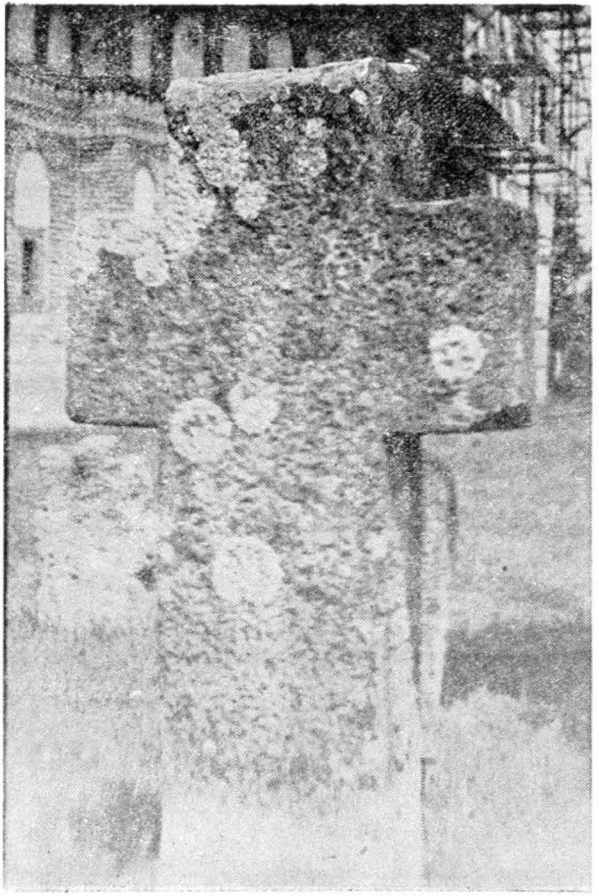

Fig. 3. Cruce de la Mînăstirea Jitianu (jud. Dolj), cu atac de licheni.

Fig. 4. Bust funerar din cimitirul Sineasca (Craiova), opera lui Stark, cu atac de licheni și muște.

https://biblioteca-digitala.ro

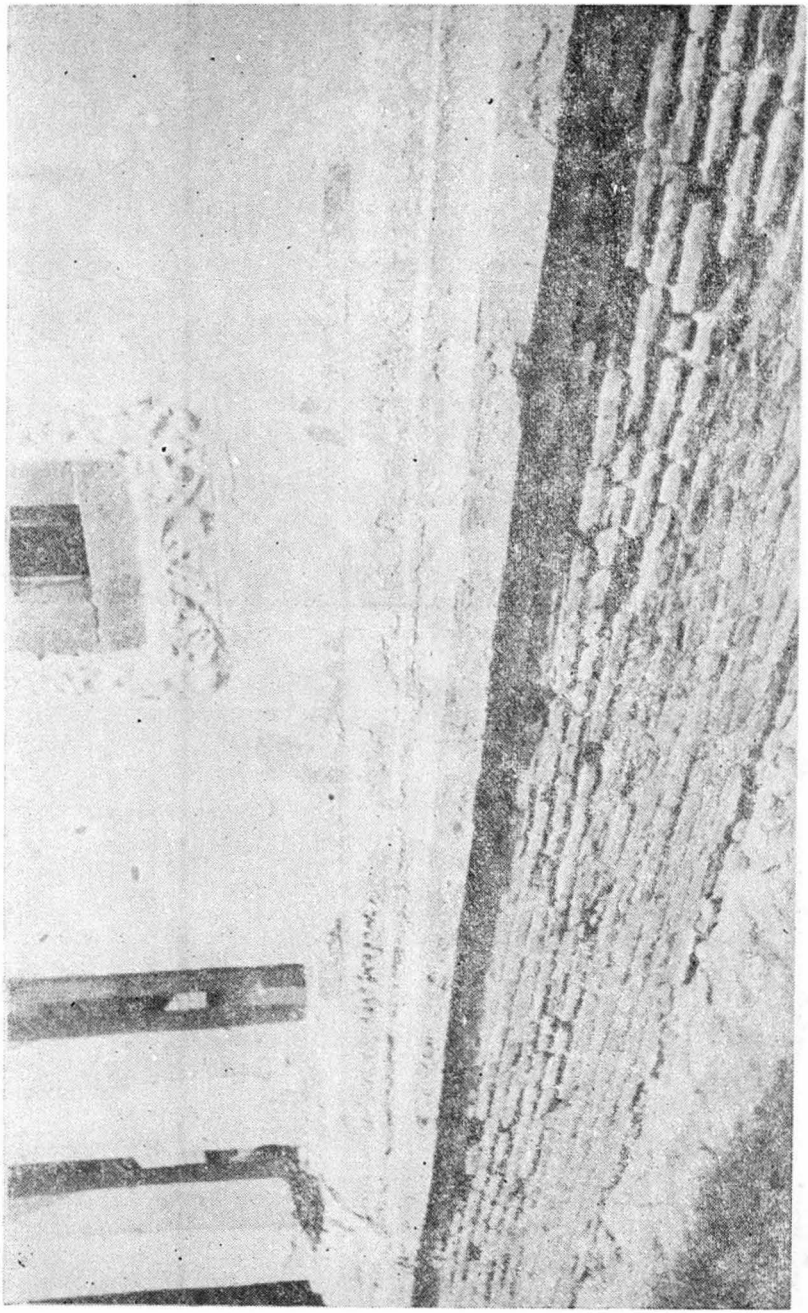

Fig. 5. Aspect de biodegradare la Mînăstirea Dintr-un Lemn (jud. Vîlcea).

https://biblioteca-digitala.ro

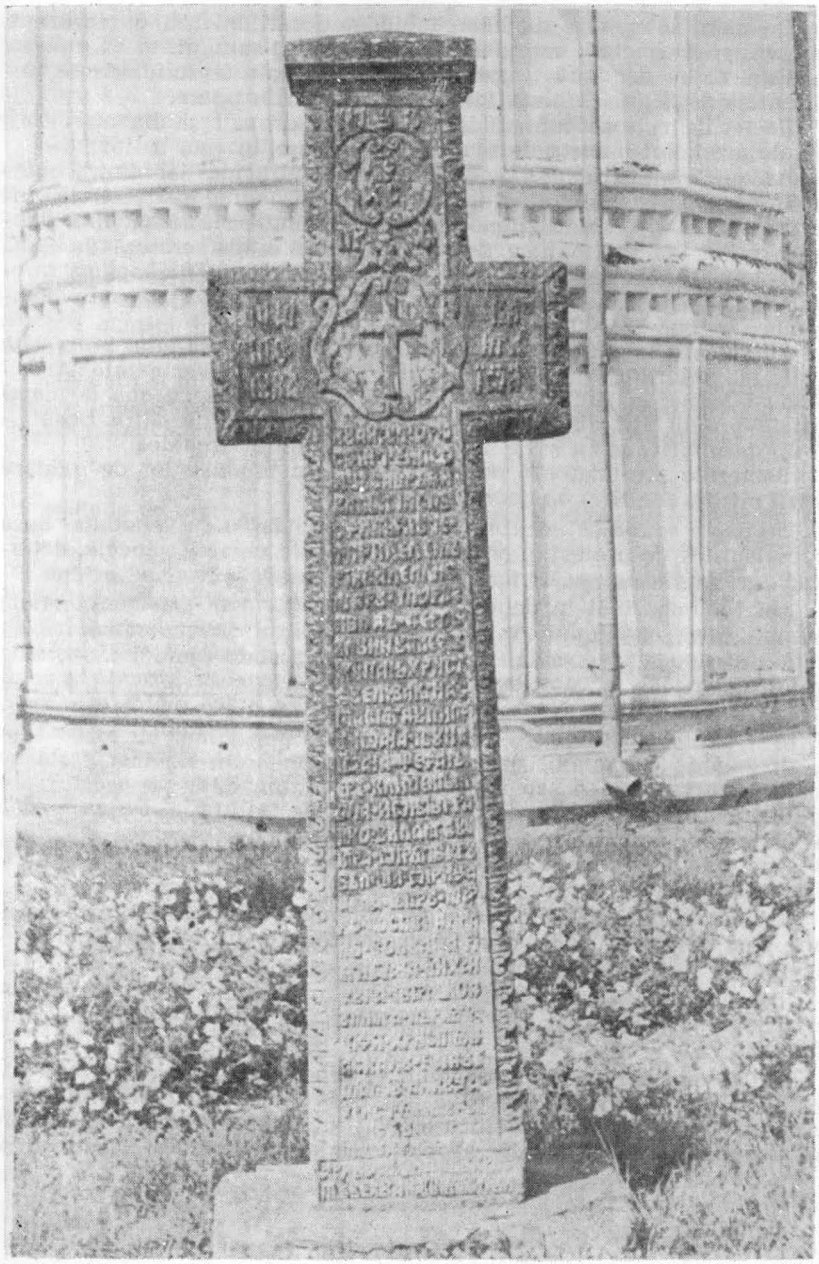

Fig. 6. Cruce de piatră de la Biserica Sf. Nicolae Craiova, după conservare. În partea de jos, partea mai decolorată, a avut atac bacterian.

https://biblioteca-digitala.ro

De mare interes în explicarea biodeteriorării pietrei o reprezintă unele grupe de bacterii care participă la circuitul sulfului.

Este vorba de două grupe de bacterii autotrofe sulfoxidante, reprezentate de genul *Thiobacillus*, şi bacterii nitrificatoare.

Bacteriile sulfoxidante folosesc compuşi de sulf şi din atmosfera poluată a zonelor industriale sau a marilor oraşe.

Bacteriile sulfoxidante reprezintă grupul principal iar dintre acestea *Thiobacillus* este implicat în mod direct în degradarea pietrei. Dintre speciile mai des întîlnite de noi menţionăm pe *Thiobacillus thioparus* avînd condiţii optime de dezvoltare la o temperatură de 26°C şi pH 4,5—7,8. Nu se dezvoltă pe medii organice şi *Thiobacillus thiooxidans* poate trăi la pH-uri mergînd pînă la 0,6 şi chiar mai mici, temperatura optimă 28—30°C, pH-ul optim 2,0—3,5.

Sursa care asigură prezenţa compuşilor reduşi ai sulfului la diferite nivele ale zidurilor de piatră este solul din imediata vecinătate. Aceşti compuşi reduşi ai sulfului, care urcă în piatră odată cu apa de capilaritate provin atît din reducerea sulfaţilor din sol de către Desulfovibrio desulfuricans cît şi de mineralizarea sulfului organic.

Bacteriile nitrificatoare pot participa, prin produşii lor de oxidare (acizii nitroşi şi nitric), la degradarea pietrei.

Se poate spune că infiltraţiile de apă, invadarea cu vegetaţie, lipsa acoperişurilor de protecţie, precum şi condiţiile climatice locale, determină agravarea proceselor de degradare a pietrei.

Un rol important în degradarea pietrei, aşa cum am menţionat la început, îl au *ciupercile*. Acţiunea acestora este de mai mică importanţă. Acestea au capacitatea de a produce acizi organici şi asimila azotul amoniacal, şi contribuie la participarea acizilor formaţi la solubilizarea carbonaţilor. Numărul ciupercilor care atacă piatra este relativ redus acolo unde raportul de materie organică este mic.

Instalarea ciupercilor pe monumentele de piatră este facilitată de unele resturi organice sau minerale aflate întîmplător pe aceste substraturi sau aduse de apa de precipitaţii şi de infiltraţie. De asemenea instalarea lor este favorizată de unele ingrediente organice adăugate în scop tehnologic unor materiale poroase de construcţie, tencuială, ciment, beton, etc.

Obiectele din lapidariul Muzeului Olteniei, ca şi cele de artă funerară, stau în condiţii de umiditate crescută datorită fie expoziţiei nordice sau a vegetaţiei abundente.

Din acestea au fost izolate următoarele ciuperci: *Rhizopus sp., Alternaria sp., Penicillium sp., Cladosporium sp., Aspergillium sp., Stachybotriys sp.*

Algele pot acţiona în două feluri în procesul de biodeteriorare: direct şi indirect. În mod direct ele provoacă biodegradări prin metabolismul lor autotrof, care modifică mediul înconjurător: procesul de asimilaţie clorofiliană al algelor sporeşte conţinutul în oxigen dizolvat şi

https://biblioteca-digitala.ro

modifică pH-ul şi puritatea apei. În mod indirect algele intervin prin formare de precipitate gelatinoase sau de cruste fixate pe piatră la care se dezvoltă bacterii şi ciuperci biodegradatoare. La piesele de lapidariu studiate s-a constatat o dezvoltare foarte mare a algelor verzi *(Clasa Chlorophyceae)* în care predomină genul Protococus viridis.

Lichenii şi muşchii au, aşa cum am arătat, o acţiune distructivă prin dezvoltarea lor în fisurile şi porii pietrei, cît şi prin produşii pe care-i elimină, acizii organici şi anorganici. Dintre lichenii mai deşi întîlniţi menţionăm genurile *Xanthoria sp.* iar dintre muşchi genurile: *Bryum sp,. Mrium sp.* şi *Polytrichum sp.*

Muşchii şi lichenii dezvoltă însă acizi care intră în reacţie cu piatra. Deşii aceşti acizi au o constantă de disociere mică acţiunea lor se face simţită în timp, în funcţie de rezistenţa materialului asupra căruia acţionează.

Arbuştii şi ierburile care se fixează pe ziduri şi la baza acestora se manifestă mai întîi printr-o acţiune mecanică de dislocare, urmată de o reacţie chimică asemănătoare cu cea dezvoltată de muşchi şi licheni.

Metode de lucru pentru bacterii, ciuperci şi alge

Pentru bacterii probele se recoltează din zonele cu piatră care prezintă simptome evidente de deteriorare.

Prelucrarea pietrelor s-a făcut aseptic, în recipiente sterile (s-a recoltat numai acolo unde sînt simptome de măcinare sau clivare).

Pentru genurile *Thiobacillus*, recoltarea s-a făcut din partea bazală a unei pietre de lapidariu care era în contact direct cu pămîntul şi a două cruci de piatră îngropate în pămînt de la Biserica Sf. Dumitru Craiova şi Mînăstirea Dintr-un lemn, care manifestau procese intense de măcinare şi clivare.

Însămînţarea s-a făcut în pahare Erlemayer de 100 ml în care mediul de cultură nu a depăşit înălţimea de un centimetru.

Mediul preparat din:

K_2HPO_4	3,0	Fosfat acid de potasiu,
$MgCl_2+6\,H_2O$	0,2	Clorură de magneziu,
$CaCl_2$ anhidră	0,25	Clorură de calciu,
NH_4Cl	0,2	Clorură de amoniu,
$Na_2S_2O_3+5\,H_2O$	5,0	Tiosulfat,
Apă distilată	1 000 ml,	

a fost sterilizat la 121°C, timp de 20 min., în autoclav. Tiosulfatul s-a sterilizat separat. Incubarea s-a făcut la termostat la 30°C timp de 3—4 zile. pH-ul s-a stabilit la 4,5—5,0.

https://biblioteca-digitala.ro

Mediul preparat s-a distribuit în baloane Eremeyer de 100 ml, cîte 25 ml.

S-a însămînţat cîte 3 gr material corodat şi s-a incubat la 30°C. După 14 zile mediul a căpătat un aspect tulbure cu un pH scăzut.

Estimarea cantitativă a bacteriilor s-a făcut prin diluţie, un gram de material biodeteriorat s-a dizolvat în apă, din lichidul astfel obţinut s-a luat un mililitru din care s-a făcut mai departe diluţii.

Numărul bacteriilor obţinute dintr-un gram de piatră biodeteriorată a variat de la 50 000 la 500 000.

Pentru cultivarea ciupercilor s-a folosit mediul Stennenberg, în grame:

— zahăr brut	100,0,	
— KNO_3	2,0	azotat de potasiu
— KH_2PO_4	1,0	fosfat biacid de potasiu
— $MgSO_4$	0,5	sulfat de magneziu,
— $CaCl_2+H_2O$	0,1	clorură de calciu,
— Agar-agar	20,0,	
— Apă distilată	1 000 ml.	

Sticlăria a fost bine sterilizată la 150°C, timp de două ore.

Sterilizarea mediului s-a făcut în autoclav, la 110°, timp de zece minute. S-a corectat pH-ul la 5,0 iar însămînţarea s-a făcut în cutii Petri. Probele însămînţate au fost incubate în termostat la 30°C.

Preparatele au fost observate la microscop după o prealabilă colorare cu soluţie de 1% roşu de Congo în care s-a adăugat cîteva picături de amoniac.

Pentru alge examenul microscopic trebuie efectuat imediat, pentru ca filamentele sau celulele să nu se dezintegreze.

Lichenii şi muşchii au fost colectaţi şi uscaţi, apoi s-a făcut determinarea la microscop.

Menţionăm în continuare şi metoda folosită de *Aurelia Igna* şi colaboratorii, pentru evidenţierea biodeteriorării prin metode enzimologice.

Prin analize calitative se pot evidenţia enzimele: invertaza, maltaza, lactaza şi amilaza, iar prin cele cantitative se pot cerceta enzimele: fosfataza şi catalaza. Experimentul duce la concluzia că metodele enzimologice pot servi la diagnosticarea biodeteriorării pietrei.

Metodologia de prevenire şi combatere a deteriorării pietrei

Vorbind despre această problemă trebuie să identificăm în primul rînd cauzele care au provocat alterarea. Din cunoaşterea cauzelor se iveşte a doua problemă, aceea a tratamentelor.

https://biblioteca-digitala.ro

Alegerea unui procedeu de conservare trebuie să se bazeze pe rezultatele obținute printr-o serie de încercări și comparații cu materialul de origine și în urma stabilirii cauzelor principale care au produs alterarea — climatul, microclimatul, dispoziții în spațiu, material, agenți climatici și biologici, sînt tot atîția factori demni de luat în considerație.

Cei mai importanți rămîn însă agenții chimici și biologici, pe de o parte, și apa, pe de altă parte. Apa este elementul esențial al dinamicii alterărilor pietrei. Măsurile principale de luptă vor consta în modificarea regimului de umiditate în obiectivele din piatră.

Realizarea unui regim normal de temperatură și umiditate în monument, trebuie să fie mijlocul esențial al protecției pietrei.

După numeroși ani de studii și cercetări asupra întreținerii și restaurării monumentelor se recomandă următoarele tratamente:

1. Protecția contra apei:

— drenajul apei din temelii și solul învecinat;

— utilizarea sistemelor de uscare a pereților prin evaporarea cu ajutorul sifoanelor.

2. Ventilația.

3. Interpunerea de plăci orizontale izolante.

4. Injectarea de produse impermeabilizante (de tipul rășinilor sintetice).

5. Metode de electro-osmoză.

Aceste metode contribuie la oprirea evoluției deteriorării, opunîndu-se revenirii sursei de umiditate dacă manifestarea alterării este în curs. Aceste metode, însă, sînt insuficiente deoarece ele nu sînt tratamente curative.

Umezirea zidurilor de piatră prin fenomene de condens, sau infiltrarea apei de ploaie, este combătută prin aplicarea substanțelor hidrofuge — cîteva din compozițiile folosite au la bază, fluorosilicați de magneziu sau zinc, silicați de sodiu sau potasiu, siliconi, rășini vinilice sau acrilice, produse pe bază de oleină sau parafină. Acestea formează o peliculă pe suprafața de protejat. Penetrarea lor este variabilă în funcție de vîscozitatea lor. În general, penetrarea hidrofugelor aplicată pe suprafețe este de ordinul cîtorva milimetri.

Totuși hidrofugele au și cîteva calități: impermeabilitatea pentru vapori, în sensul de a permite pietrei să „respire". Bune rezultate se obțin prin impregnarea pietrei cu siliconi. Prin aceasta dispare capacitatea de absorbție a apei. Efectul hidrofug al siliconilor se datorește orientării grupărilor organice din molecula lor spre exterior. Deci siliconii au rol hidrofug, permeabilitate mare pentru gaze, și creează imposibilitatea dezvoltării microorganismelor.

Aceștia se pot aplica acolo unde sursa de apă nu este apă urcată prin capilaritate, prin temelii. În acest caz se riscă imobilizarea apei în piatră.

https://biblioteca-digitala.ro

Procedeele de curăţire a sărurilor de la suprafaţă sînt:

— mecanice (cu discuri sau jet de nisip cu o presiune de 3 kg/cm^2);

— hidropneumatice;

— curative, prin pulverizarea apei (prezintă inconvenientul infiltrării apei în teren);

— decapajul, prin aplicarea produselor chimice (produse pe bază de sodă şi de florură de amoniu);

— extragerea sărurilor prin inerţie, în bazin de desalinizare (obiecte cu volum redus).

Consolidarea suprafeţei pietrei

Acest lucru este greu de rezolvat în special la cele care şi-au pierdut rezistenţa mecanică. Produşii de *impregnare* astupă porii, parţial sau în totalitate, ei acţionează ca un liant care reaglomerează părţile materialului. Soluţia ar fi *impregnarea în profunzime a pietrei, greu de realizat în momentul de faţă*, injectarea unui monomer sub presiune şi polimerizarea prin protecţia razelor α experimentată în Franţa, valabilă însă numai pentru obiecte mici, nu pentru monumente.

Toate aceste procedee trebuie supuse unei testări prealabile aplicării lor pe monumente.

În toate situaţiile trebuie să se acţioneze cu discernămînt pentru a găsi în fiecare caz în parte cea mai bună interpretare.

Recomandări pentru protecţia pietrei

1. Expunerile sau depozitările pietrelor trebuie făcute în clădiri corespunzătoare scopului sub aspectul termohidric, ferite de surse de apă şi de influenţa aerului poluat cu diferiţi agenţi fizici, chimici şi biologici.

2. Se recomandă ca aceste spaţii să fie dotate cu aparatură necesară controlului parametrilor de temperatură şi umiditate relativă a aerului, care trebuie înregistraţi zilnic.

3. De asemenea este necesară dotarea spaţiilor de prezentare şi depozitare cu sisteme corespunzătoare de reglare a temperaturii şi umidităţii relative a aerului, condiţii optime pentru evitarea biodeteriorării fiind de 16—18°C şi de 60—65% $\pm$ 5 u.r.

4. Monumentele arheologice din piatră trebuie protejate faţă de apa de precipitaţie prin construirea de acoperişuri şi prin amenajarea unor sisteme de drenare a apei.

https://biblioteca-digitala.ro

5. Se recomandă efectuarea controlului periodic al stării monumentelor istorice cît şi al atmosferei înconjurătoare sub aspectul poluării chimice şi biologice, în vederea adoptării unor măsuri eficace de protecţie.

6. Tratamentele de limitare sau eradicare a atacurilor biologice se impun a fi efectuate în urma unor atente analize din partea specialiştilor, avîndu-se în vedere şi compatibilitatea biocidului cu substratul respectiv.

7. Se recomandă perierea zilnică a pietrelor de sus în jos, cu o perie, fără a lovi părţile fragile.

8. Obiectele din piatră, în special cele din marmură albă, se spală cu apă şi săpun alb sau oleat de sodiu. Apa nu trebuie să fie feruginoasă sau dură. Apa calcaroasă este contraindicată. Se mai poate utiliza apa de ploaie filtrată sau apă deionizată cu schimbători de ioni sau apă distilată.

Pentru curăţirea obiectelor din piatră se poate folosi o reţetă avînd următoarea compoziţie: săpun 10 gr, apă distilată 100 ml, amoniac (0,81) 1 ml. Spălarea se face de sus în jos. După spălare se şterge cu o bucată de tifon.

9. Piatra se poate spăla şi cu detergent neionic 5—10 gr la 5 l de apă, cu condiţia ca piatra să nu fie poroasă şi să reţină detergentul. În soluţie se mai poate pune pentaclorfenolat de sodiu 1% sau salicilanilidă de sodiu 1% sau formaldehidă 5%. Detergenţii indicaţi sînt cei neionici, perlan alb sau albastru. Detergenţii ionici (acizi sau bazici) sînt neindicaţi.

10. Petele roşii sau negre pot fi spălate cu o soluţie de cloramină T 2% (agent de albire), urmînd o spălare cu apă oxigenată şi 20 volume de amoniac.

11. Petele de bitum se scot cu o soluţie formată din 33% benzen, amoniac, metanol şi se spală cu apă distilată.

12. Lichenii şi algele se curăţă cu o soluţie amoniac diluat 5—10%, apoi se spală cu apă. Se mai pot folosi şi vapori de formalină. Se recomandă să se spele cu apă fierbinte pentru distrugerea lichenilor şi muşchilor.

13. Operaţiile de restaurare a monumentelor degradate trebuie făcute în mod ştiinţific, renunţîndu-se la practicile învechite care pot agrava şi accelera degradarea acestora.

14. În cadrul lucrărilor de restaurare trebuie avut în vedere faptul că umezirea obiectelor din piatră poate declanşa destul de uşor unele procese de degradare biologică. În acest sens, se recomandă fie un ritm rapid de lucru şi uscare, fie folosirea unor substanţe fungicide.

15. Transportul obiectelor din piatră trebuie organizat în mod corespunzător pentru evitarea deteriorărilor.

https://biblioteca-digitala.ro

În perspectivă trebuie avut în vedere de a se iniţia acţiuni care să ducă la aplicarea unor metode moderne de tratament, adecvate în funcţie de rezultatele pe plan mondial, în măsura în care metodele respective au dat rezultate certe ca măsuri preventive sau tratamente curative.

Substanţe microbicide sau microbiostatice

Acţiunea de combatere a organismelor care produc procesele de biodeteriorare ridică probleme deosebit de complexe, încît prin procedeele aplicate se urmăreşte eficienţa microbicidă maximă, fără să se influenţeze asupra calităţii substratului. În general, în cazul folosirii biocizilor aceştia acţionează asupra sistemelor enzimatice din celulele microbiene.

Inactivarea enzimelor explică, în cea mai mare măsură mecanismul de dezinfecţie-sterilizare. Pe de altă parte, unii reactivi sau factori fizici determină suprimarea funcţiei de înmulţire a microorganismelor. Dezinfectarea nu este un proces instantaneu ci unul gradat, care se realizează în timp. Unele substanţe biocide exercită o acţiune selectivă asupra microorganismelor. Metalele grele au însuşiri antibacteriene. Mercurul şi argintul au atît activitate antibacteriană, cît şi activitate antifungică.

Dintre fungicide mai des folosite la piatră cităm: pentaclorfenolatul de sodiu, 1—2%.

Radiaţiile ultraviolete au o puternică acţiune sterilizantă. Efectul bactericid maxim se realizează la lungimea de undă de 2 537 Å.

Radiaţiile ionizante sînt radiaţii electromagnetice asemănătoare cu razele X (deci nu posedă sarcină electrică) şi care se caracterizează printr-o mare penetrabilitate. Din această cauză au foarte mare putere de ionizare a interiorului celular. Radiaţiile pot fi obţinute cu ajutorul diverşilor izotopi radioactivi.

Pentru combaterea algelor, se folosesc ca algicide sulfatul de cupru şi permanganatul de potasiu (1 ml/1: 2%).

Se recomandă folosirea sulfatului de cupru mai ales în scopuri preventive.

Pentru combaterea algelor se mai foloseşte şi metoda mangenizării (tratarea cu permanganat de potasiu în doze de 2—4 mg/l).

https://biblioteca-digitala.ro

BIBLIOGRAFIE

1. CONSTANTINESCU, Ş., PETRESCU, GH., *Coroziunea şi metode de combatere*, în *Revista de chimie*, nr. 18, 7 iulie 1967. p. 412—414.
2. CONSTANTINESCU Ş., ANA IONESCU, GH. PREDA, *Coroziunea microbiologică şi combaterea ei*, Bucureşti, 1972.
3. CURINSCHI, GH., *Restaurarea monumentelor*, Bucureşti, 1968.
4. CONSTANTINESCU, O., *Metoda şi tehnici în microbiologie*, Bucureşti, 1974.
5. DUMITRU L., LAZĂR, F. POPA, J. NECULCE, *Biodeteriorarea materialelor de importanţă economică şi cultural-artistică. Biodeteriorarea unor materiale din industria minieră, metale, mase plastice şi celuloză şi a pietrei din monumentele istorice din localităţile: Tg. Jiu, Sibiu, Braşov*, Institutul de Ştiinţe biologice, Bucureşti, 1976, p. 56, 18 pl.
6. GRUIA, L., *Prepararea şi conservarea algelor pentru colecţii. Metode de biopreparare*, Ploieşti, 1973.
7. HULEA, A., *Ghid pentru laboratoarele de micologie şi bacteriologie*, Bucureşti, 1969.
8. IGNA AURELIA, ŞT. KISS, DANIELA RĂDULESCU şi M. DRĂGAN-BULARDA, *Evidenţierea biodeteriorării unor monumente de piatră din incinta Muzeului de istorie al Transilvaniei, prin activităţi enzimatice*.
9. IONIŢĂ, I., *Cercetări privind biologia ciupercilor care produc biodeteriorarea operelor de artă şi monumentelor de cultură*, Teză de doctorat, Bucureşti, 1974.
10. IONIŢĂ, I., *Cercetări privind biodeteriorarea pietrei utilizată în construcţia aşezărilor dacice din Munţii Orăştiei*, în „Al IV-lea Simpozion de deteriorare", 6—8 iunie, Cluj, 1974.
11. IONIŢĂ, I. şi VASILIU, LILIANA, *Efectele biodeteriorării şi poluării atmosferei asupra unor obiecte de artă*, Comunicări şi referate, Muzeul Ştiinţelor Naturii, Ploieşti, 1974.
12. IONIŢĂ, I., *Culturile de ciuperci microscopice ca preparate de muzeu* în *Metode de biopreparare*, Ploieşti, 1973.
13. IONIŢĂ, I., *Metodă simplă şi rapidă pentru examinarea şi fotografierea în microscom în cultură*, în *Metode de biopreparare*, Ploieşti, 1972.
14. LAZĂR, I., O. CONSTANTINESCU, I. IONIŢĂ, *Biodeteriorarea pietrei din monumentele de interes istoric, artistic, arhitectural şi arheologic*, Institutul de Ştiinţe Biologice, Bucureşti, 1974.
15. LAZĂR, I. şi LUCIA DUMITRU, *Cercetări asupra bacteriilor de pe piatra deteriorată de la cetăţile dacice din zona Haţeg—Orăştie şi Cetatea Alba Iulia*, în *Studii şi cercetări de biologie vegetală*, Seria biologie, Acad. R.S.R., nr. 1, tom. 28, 1976.
16. LAZĂR, I., *Cercetări asupra unor ciuperci saprofite de pe diferite substraturi*, în *Studii şi cercetări de biologie*, Seria botanică, 1976.
17. MOŢOC, D., *Microbiologia industrială*, Bucureşti, 1963.
18. MOHAN, GH., *Catalogul Briofitelor din Muzeul de Şt. Naturii*, Ploieşti, 1971.
19. NECULCE, I., *Unele aspecte ale rolului ciupercilor în biodegradarea pietrei*, în „Lucrările celui de al VI-lea Simpozion de biodeteriorare şi climatizare", vol. I, 3—5 iunie, Constanţa, 1976.
20. PLENDERLEITH, A., J. şi PHILIPPOT, *Climatologie et conservation dans les musées*, 1960.
21. ZARNEA, G., *Microbiologie generală*, Bucureşti, 1970.

https://biblioteca-digitala.ro

PROBLÈMES DE BIODÉGRADATION DE LA PIERRE

Résumé

L'ouvrage nous fait part de la contribution du facteur biologique dans le processus de biodégradation de la pierre: bactéries, algues, champignons microscopiques, mousses et plantes supérieures.

On nous présente quelques méthodes de travail pour les bactéries, les champignons et les algues. Ensuite l'auteur présente la méthodologie de prevention et de combat de la dégradation de la pierre, sa consolidation et indications en vue de la protection de la pierre.

A la fin on recommande les substances microbicides et microbiostatiques dans le combat de la microbiodégradation de la pierre.

https://biblioteca-digitala.ro