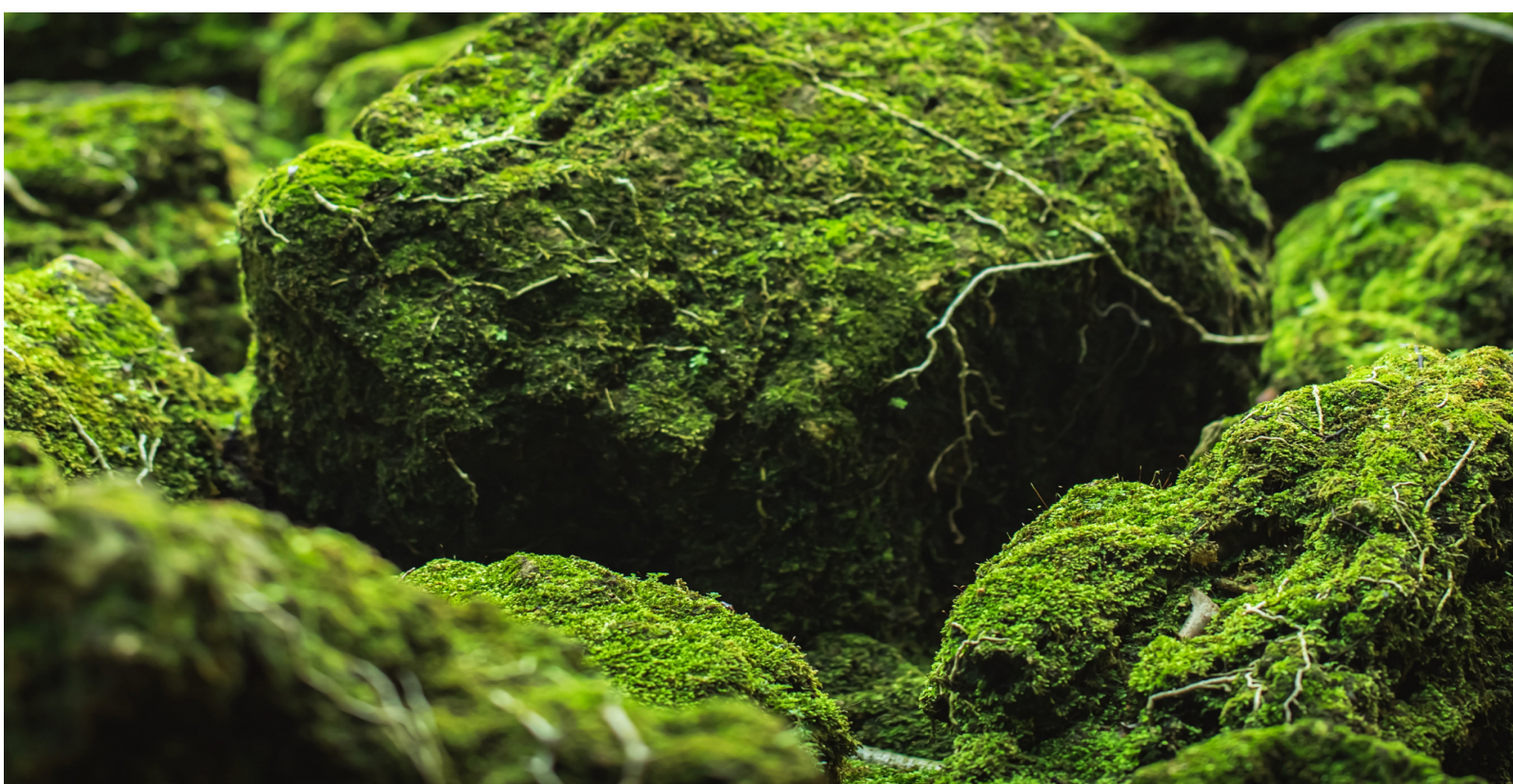


# Litobionti e arte rupestre: strategie per la conservazione



## AUTORI E AUTRICI

Sergio E. Favero-Longo<sup>1</sup>, Enrica Matteucci<sup>1,2</sup>, Maria Giuseppina Ruggiero<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università di Torino; <sup>2</sup> Centro conservazione e Restauro La Venaria Reale; <sup>3</sup> MiC-Direzione Regionale Musei Lombardia

## SCUOLA

L'articolo è stato revisionato dagli studenti e dalle studentesse di prima media dell'Istituto Comprensivo Salvemini (Torino) e del Sacro Cuore International School di Casale Monferrato.

Prova a guardare da vicino la superficie di una roccia esposta in ambiente esterno, che sia in un bosco o al bordo di una strada, in alta montagna, in prossimità del mare o anche in città: vedrai che è colonizzata da organismi viventi! Sono tanti e diversi fra loro per dimensioni e strategie di vita, nel loro complesso sono chiamati litobionti. I più grandi, ad esempio i **muschi** e i **licheni**, hanno per lo più dimensioni centimetriche e si vedono bene ad occhio nudo o con l'aiuto di una lente d'ingrandimento, mentre i più piccoli possono essere distinti solo con l'aiuto di un microscopio: sono **cianobatteri**, alghe verdi unicellulari e **funghi neri a sviluppo microcoloniaie**. Questi microrganismi spesso si organizzano in biofilm ossia patine di vari colori spesso visibili sulle rocce; avvolti da una matrice gelatinosa che li protegge dagli agenti esterni, convivono tanti organismi diversi sia **autotrofi** che **eterotrofi**.

Già da diversi anni gli scienziati hanno iniziato a studiare le interazioni fra le rocce e le comunità litobionti (Seaward, 2015) e hanno scoperto che questi organismi non colonizzano solo le superfici, ma possono crescere anche dentro le rocce, riuscendo a penetrare fino a diversi millimetri di profondità. La crescita di questi organismi può causare piccole fratture, che poi aumentano di dimensioni a causa di altri fattori come i cicli di gelo e disgelo, inoltre, questi organismi rilasciano nell'ambiente sostanze chimiche che modificano la roccia: sono i primi passi che portano alla formazione di nuovo suolo. Però quando la roccia che viene alterata è parte di un monumento in pietra questi processi possono diventare un problema per la conservazione del bene culturale; questi processi sono indicati con il termine **biodeterioramento**. Non per ogni roccia e in ogni clima è così: in alcuni casi gli scienziati hanno visto che la presenza dei litobionti può, invece, proteggere la roccia da altri fattori di deterioramento che possono essere ad esempio la pioggia, i raggi solari o le sostanze inquinanti presenti nell'aria. Le comunità di litobionti possono però causare anche un degrado di tipo estetico sui monumenti e rendere difficile la lettura dell'opera andando a coprire i particolari minuti delle superfici.

Il danno causato dalla presenza delle comunità litobionti è particolarmente evidente nel caso dell'**arte rupestre**: in questo caso la lettura delle superfici **istoriate** è fondamentale per la **fruizione**.



Gli studi degli ultimi decenni hanno evidenziato come, oltre ai danni causati dagli organismi **biodeteriogeni**, anche le procedure usate comunemente nel passato per la pulitura delle superfici lapidee, possono, se ripetute nel tempo, causare danni e diminuire la leggibilità delle rocce istoriate: è quindi importante fare delle valutazioni mettendo a confronto i diversi metodi disponibili. Mancano, ad oggi, studi che confrontino i risultati degli interventi di restauro a medio e lungo termine (anni e decenni di distanza dalla realizzazione delle puliture).

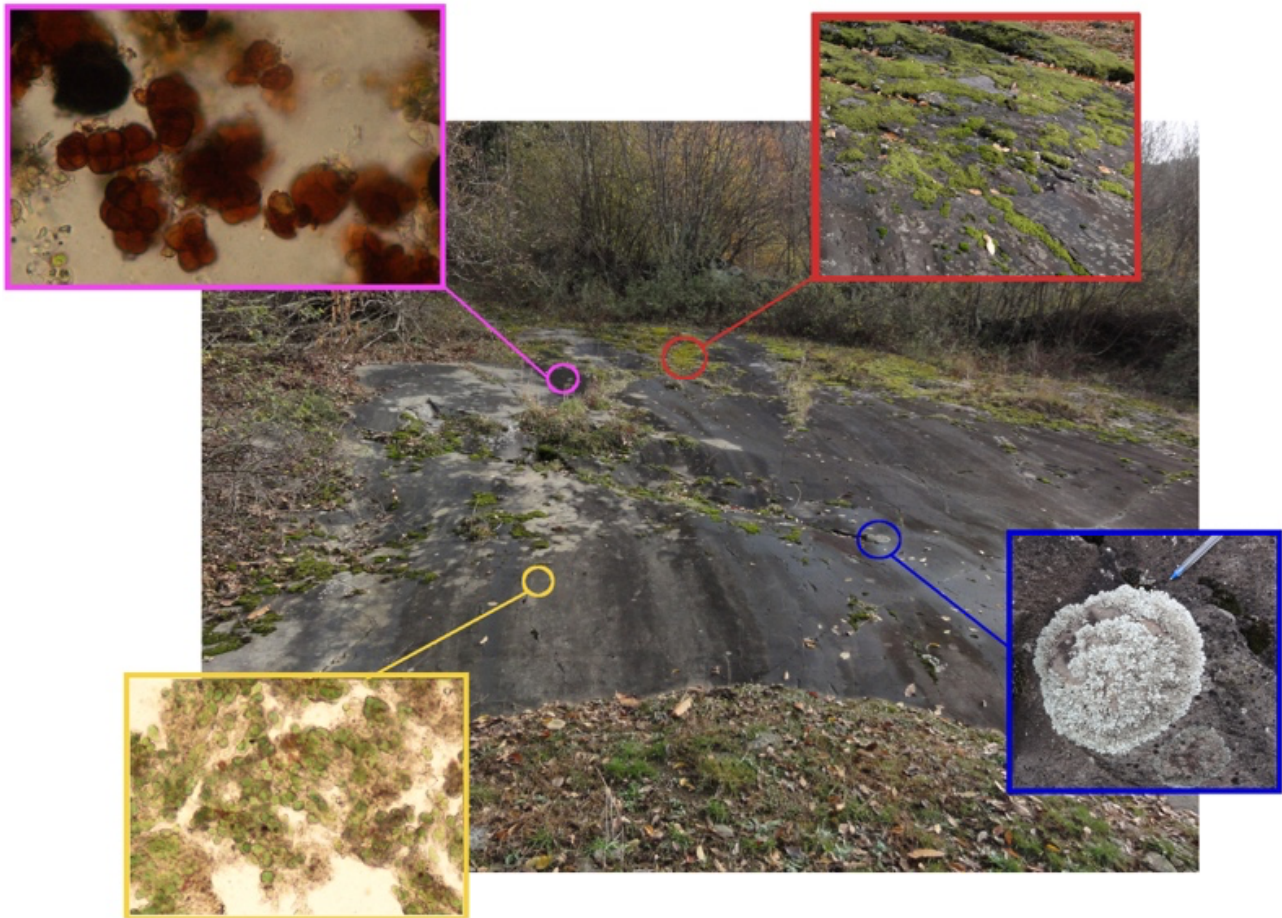
Uno dei luoghi in cui l'esigenza della tutela dell'arte rupestre è molto sentito è il sito **UNESCO** n. 94 "Arte rupestre della Valle Camonica": primo sito italiano inserito, nel 1979, nella **Lista del Patrimonio Mondiale** dell'UNESCO. All'interno del sito è presente il Parco Nazionale delle Incisioni Rupestri di Naquane (Capo di Ponte, Brescia), primo parco archeologico italiano istituito nel 1955. La presenza delle comunità litobionti è un problema già noto fin dalla scoperta delle incisioni in Valle, agli inizi del 1900: la gestione della presenza delle patine costituite dai microrganismi è sempre stata necessaria per poter offrire, sia agli studiosi che ai visitatori, una buona accessibilità alle superfici istoriate (figura 1).



**Figura 1** Parco Nazionale delle Incisioni Rupestri di Naquane, Roccia 70 (A) colonizzazione di biofilm (B) fasi di pulitura

Per poter conciliare le esigenze conservative e la necessità del pubblico di avere accesso a superfici ben leggibili, la Direzione del Parco ha voluto iniziare uno studio basato su prove sperimentali che considerassero un'ampia gamma di possibili soluzioni per prolungare il più possibile la durata degli interventi di restauro.

Una prima fase ha previsto la caratterizzazione delle comunità litobionti presenti sulle rocce istoriate del Parco Nazionale di Naquane e in particolare delle comunità licheniche. Questo studio ha permesso di comprendere le diverse tipologie di comunità litobionti (figura 2), che variano dai biofilm prevalentemente composti da cianobatteri, presenti sulla maggioranza delle rocce, a tappeti di muschi estesi diverse decine di centimetri, o coperture di licheni.



**Figura 2** Litobionti su una roccia a Naquane evidenziati nei riquadri alcune delle componenti: muschi (in rosso), licheni del genere *Xanthoparmelia* (blu), alghe verdi (giallo, fotografia al microscopio ottico ingrandimento 10x), funghi neri a sviluppo microcoloniale (rosa, fotografia al microscopio ottico ingrandimento 40x).

Questi ultimi, a causa della crescita lenta, sono più presenti sulle superfici non più restaurate da oltre trent'anni, su cui è particolarmente evidente la colonizzazione da parte dei licheni fogliosi del genere *Xanthoparmelia*.





**Figura 3** - Nazionale delle Incisioni Rupestri di Naquane: alcuni dei tasselli di prova oggetto di monitoraggio

Dalle analisi statistiche dei dati ricavati dallo studio è emerso come la presenza di terreno e vegetazione erbacea a monte delle rocce e di chiome di alberi che fanno ombra siano elementi decisivi nel favorire una più rapida ricolonizzazione dopo gli interventi di restauro. Nella primavera del 2018, inoltre, è stato avviato uno studio sul campo che mette a confronto gli effetti di diversi prodotti utilizzati dai restauratori negli interventi di pulitura. Alcuni trattamenti testati sono in uso nella pratica corrente degli interventi di restauro, altri sono in fase di valutazione sperimentale, fra cui l'uso di **metaboliti** prodotti da piante o

da licheni che hanno dimostrato di avere effetto inibitorio della ricolonizzazione in prove condotte in laboratorio. L'evolversi della ricolonizzazione nei tasselli di prova (Figura 3) repliche per ogni trattamento oggetto di test) è stata seguita per tre anni, con cadenza stagionale, effettuando misure per rilevare la presenza di organismi fotoautotrofi vitali. In particolare, è stato utilizzato per questo un **fluorimetro** portatile che quantifica l'**efficienza fotosintetica** delle alghe verdi e dei cianobatteri presenti nei biofilm e dei fotobionti lichenici. Ulteriori monitoraggi nei prossimi anni saranno in grado di evidenziare quali siano gli effetti a lungo termine delle differenti strategie: i primi anni di monitoraggio hanno evidenziato che un trattamento che devitalizzi licheni e cianobatteri prima della pulitura ritarda la ricolonizzazione, così come l'adozione di strategie di gestione dei fattori ambientali locali, evitando la presenza di una copertura arborea o il ruscellamento di acque piovane direttamente sulle superfici interessate dalle incisioni.

## Glossario

**Arte rupestre:** definizione che comprende le manifestazioni artistiche realizzate sulle pareti di grotte o ripari oppure su rocce in ambiente aperto. Presenti in tutti i continenti, risalgono a diversi periodi della preistoria.

**Autotrofi:** sono gli organismi in grado di sintetizzare le molecole organiche necessarie alla vita a partire da molecole inorganiche, come fanno le piante attraverso la fotosintesi.

**Biodeteriogeni:** organismi che con la loro attività causano cambiamenti indesiderati nelle proprietà dei materiali attraverso processi fisici e/o chimici. È una definizione che tiene presente il punto di vista umano: i termini biodeteriogeno e biodeterioramento si utilizzano quando i cambiamenti dovuti all'attività di questi organismi sono sgraditi; in tutti gli altri casi si utilizza il termine "biodegrado" (es. plastica biodegradabile).

**Cianobatteri:** sono un gruppo di batteri fotoautotrofi, cioè di organismi unicellulari, procarioti, fotosintetici; una volta erano anche chiamati alghe verdi-azzurre.

**Eterotrofi:** sono gli organismi che non sono in grado di sintetizzare le molecole organiche necessarie alla vita a partire da quelle inorganiche e che quindi utilizzano molecole organicate da altri organismi, come gli animali quando si alimentano.

**Fluorimetro:** strumento che consente di misurare la concentrazione di una sostanza presente in un campione sfruttandone la caratteristica di produrre fluorescenza, come nel caso della clorofilla

**Fotosintesi:** il più diffuso processo che consente agli organismi autotrofi di ottenere molecole organiche a partire da molecole inorganiche; grazie alla reazione di anidride carbonica ed acqua, sostenuta dall'energia solare catturata da pigmenti specifici, come la clorofilla, consente di ottenere molecole di glucosio.

**Fruizione:** la possibilità di accesso, di godimento, termine utilizzato di frequente in relazione ai beni culturali.

**Funghi neri a sviluppo microcoloniale:** chiamati anche funghi meristemati, sono funghi microscopici caratterizzati da una particolare e lenta modalità di crescita e dalla presenza di melanina nelle pareti cellulari.

**Inibitorio:** qualcosa che tende a fermare o rallentare un'azione o un processo.



---

**Istoriato:** si dice di superfici sulle quali sono state realizzate con varie tecniche raffigurazioni a tema storico o mitologico. In Valle Camonica le raffigurazioni sono state incise sulle rocce con strumenti in pietra o metallo.

**Licheni:** organismi risultanti dalla simbiosi stabile di un organismo eterotrofo (un fungo) e uno autotrofo (alga unicellulare o cianobatterio). Hanno un corpo molto semplice, detto tallo, che non è differenziato in organi e può essere crostoso, foglioso o fruticoso.

**Lista del Patrimonio Mondiale:** nel 1972 l'UNESCO ha adottato la Convenzione per la protezione del patrimonio culturale e naturale mondiale che prevede l'istituzione di una Lista di siti culturali e naturali che, per l'eccezionale valore universale dei beni, appartengono a tutte le popolazioni del mondo, indipendentemente dal territorio in cui si trovano. I primi luoghi a essere inseriti in questa lista sono stati quelli per i quali erano necessarie urgenti azioni di tutela, perché abbandonati, o poco conosciuti e inseriti in ambienti in rapido cambiamento. In questa Lista ci sono luoghi di diverso tipo: siti archeologici, centri urbani, monumenti, paesaggi modellati dall'uomo e ambienti naturali ricchi di biodiversità.

**Metabolita:** prodotto di un processo metabolico, ossia di quelle reazioni chimiche che avvengono nelle cellule e consentono la vita degli organismi.

**Muschi:** organismi vegetali fotosintetici organizzati in un cormo, ossia un corpo idealmente divisibile in tre organi fondamentali (radice, fusto, foglia). I muschi sono strutturalmente semplici e di piccola taglia.

**UNESCO:** è una sigla formata dalle iniziali di una serie di parole inglesi, cioè United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Si tratta di una Organizzazione delle Nazioni Unite, istituita a Parigi il 4 novembre 1946, per favorire la collaborazione tra i Paesi aderenti nei settori dell'educazione, delle scienze naturali, sociali e umane, della cultura e della comunicazione e informazione.

### **Bibliografia per approfondimenti:**

Favero-Longo S. E., Matteucci, E., Ruggiero, M. G. (2019) Caratterizzazione di licheni e patine microbiologiche sulle rocce istoriate del Parco Nazionale delle Incisioni Rupestri

di Naquane (Valle Camonica) e metodiche per il loro controllo. *Not Soc Lichenol Ital* 32:31.

Favero-Longo, S. E., & Viles, H. A. (2020). A review of the nature, role and control of lithobionts on stone cultural heritage: Weighing-up and managing biodeterioration and bioprotection. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36(7), 1-18.

Gorbushina, A. A. (2007). Life on the rocks. *Environmental microbiology*, 9(7), 1613-1631.

Pinna, D. (2017). *Coping with biological growth on stone heritage objects: methods, products, applications, and perspectives*. Apple Academic Press.

Ruggiero, M. G., & Poggiani Keller, R. (2014). Il Progetto “Monitoraggio e buone pratiche di tutela del patrimonio del sito UNESCO n. 94 Arte rupestre della Valle Camonica”. Legge 20 febbraio 2006, n. 77, EF 2010. *Quaderni del Parco Nazionale delle Incisioni Rupestri-Capo di Ponte*, 5, 344.