

# DEGRADO DEI MATERIALI LAPIDEI

## Fattori climatici

Precipitazioni, Umidità Relativa [1].

## Altri fattori

Inquinanti atmosferici:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$ .

## Caratterizzazione impatto



Le precipitazioni rappresentano il principale fattore climatico che influisce direttamente sul fenomeno di recessione superficiale dei beni culturali lapidei. L'acqua piovana, sia in un'atmosfera non inquinata che in presenza di sostanze inquinanti, favorisce la dissoluzione chimica delle superfici di natura carbonatica e la conseguente perdita di materiale.

Dal punto di vista della recessione superficiale, le precipitazioni abbondanti, in grado di dilavare la superficie di un materiale, potrebbero risultare meno pericolose delle piogge leggere, che invece attivano e trattengono, per più tempo, le sostanze inquinanti aggressive sulla superficie del bene [2].



Le precipitazioni cumulate favoriscono il processo di dissoluzione chimica del materiale lapideo, quindi il danno. Nelle aree maggiormente caratterizzate dalle precipitazioni (presso le catene montuose) la recessione superficiale potrebbe aumentare; viceversa, nelle zone caratterizzate da minori precipitazioni, il danno potrebbe risultare minore.

## Relazione causa-effetto



La dissoluzione chimica dei materiali lapidei è attribuibile all'azione sinergica dei fattori climatici e dell'inquinamento atmosferico. Le precipitazioni rappresentano il mezzo attraverso il quale le sostanze inquinanti, contenute nell'atmosfera, reagiscono chimicamente con i materiali causandone il deterioramento.



Foto: Marei Sellin (Pixabay)

## Scenario futuro



Il potenziale danno causato dai cambiamenti climatici al patrimonio culturale di natura calcarea è stato analizzato nel progetto *Noah's Ark* [3].

In tale studio sono state elaborate le mappe di recessione superficiale a livello europeo per il periodo 2070-2099.

In questo scenario futuro, la recessione superficiale stimata nell'Europa Meridionale, inclusa l'Italia, dovrebbe registrare, in generale, una diminuzione anche se, nelle aree montuose (Alpi e Appennini), la perdita di materiale potrebbe aumentare rispetto al trentennio di riferimento (1961-1990), in quanto si tratta di zone caratterizzate da maggiori precipitazioni.



## Numeri e messaggi chiave

La recessione superficiale è stata calcolata per il materiale calcareo per il 2018 ed è compresa tra 4,5 e 7,8  $\mu\text{m}$ : i dati ottenuti sono stati confrontati con il valore soglia ("tolerable rate of corrosion") pari a 8  $\mu\text{m}$  stabilito, per il 2020, dall'*International Co-operative Programme on Effects on Materials including Historic and Cultural Monuments (ICP Materials)* [6]. Il valore soglia, individuato sulla base di considerazione tecnico-economiche, è definito in letteratura come il livello massimo per il quale si verifica, per uno specifico materiale, un danno considerato tollerabile.

## Descrizione

La recessione superficiale viene utilizzata per quantificare la perdita di materiale dei beni culturali lapidei in funzione delle precipitazioni cumulate e degli inquinanti atmosferici.

## Scopo

L'obiettivo dell'indicatore è quello di stimare, a livello nazionale, la recessione superficiale per i beni culturali di natura calcarea. L'approccio consente di individuare le aree che, dal punto di vista climatico e ambientale, possono essere ritenute potenzialmente più pericolose per il patrimonio culturale italiano.

## Frequenza rilevazione dati

Annuale

## Unità di misura

$\mu\text{m}$

## Periodicità di aggiornamento

Annuale

## Copertura temporale

2018. Non ci sono serie storiche al momento disponibili.

## Copertura spaziale

Nazionale

## Riferimenti/obiettivi fissati dalla normativa

Nessun riferimento/obiettivo fissato dalla normativa.

## Metodologia di elaborazione

La recessione superficiale è stata calcolata applicando la seguente funzione dose-risposta presente in letteratura:

$$R = 4 + 0.0059[\text{SO}_2] \text{RH}_{60} + 0.054\text{Rain}[\text{H}^+] + 0.078 [\text{HNO}_3] \text{RH}_{60} + 0.0258 \text{PM}_{10}$$

con  $R$  = recessione superficiale ( $\mu\text{m}$ ); Rain = precipitazioni (mm/anno);  $\text{RH}_{60}$  = misura dell'umidità relativa quando l'umidità relativa (RH) è > 60, altrimenti  $\text{RH}_{60} = 0$ ;  $[\text{H}^+]$  = concentrazione media annua di  $\text{H}^+$  nelle precipitazioni (mg/l);  $[\text{SO}_2]$ ,  $[\text{HNO}_3]$ ,  $\text{PM}_{10}$  = concentrazione media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) di biossido di zolfo, acido nitrico e particolato atmosferico [4].

## Criteri di selezione

### Rilevanza - utilità

- Portata nazionale/applicabile a temi ambientali a livello regionale di significato nazionale
- Descrive il trend in atto e l'evolversi della situazione ambientale
- Semplice e facile da interpretare
- Sensibile ai cambiamenti nell'ambiente/collegato alle attività antropiche

Fornisce un quadro rappresentativo di condizioni ambientali, pressioni sull'ambiente, risposte della società, obiettivi normativi

- Fornisce una base per confronti a livello internazionale

- Ha una soglia o un valore di riferimento con il quale poterlo confrontare, in modo che si possa valutare la sua significatività

### Misurabilità

- Documentato e di qualità nota

Aggiornato a intervalli regolari secondo fonti e procedure affidabili (tempestività e puntualità)

Facilmente disponibile o reso disponibile a fronte di un ragionevole rapporto costi/benefici

- Buona copertura spaziale

Copertura temporale > 10 anni

### Solidità scientifica

Basato su standard nazionali/internazionali

- Ben fondato in termini tecnici e scientifici

Possiede elementi che consentono di correlarlo a modelli economici, previsioni e sistemi di informazione

- Prevede metodi di misura e raccolta dati attendibili e affidabili

- Comparabile nel tempo

- Comparabile nello spazio



### Fonte e accessibilità

Per il calcolo dell'indicatore di recessione superficiale sono stati utilizzati i dati di concentrazione degli inquinanti atmosferici e climatici ottenuti dal modello dell'EMEP (EMEP MSC-W model) con una risoluzione di  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  [5].

I dati di input sono accessibili sul sito:

[https://www.emep.int/mscw/mscw\\_moddata.html](https://www.emep.int/mscw/mscw_moddata.html)

### Qualità dell'informazione

Il calcolo dell'indicatore è stato ottenuto da dati di input stimati mediante un modello di dispersione atmosferico, quindi la qualità dell'informazione può risentire dell'incertezza associata ai dati di partenza.

### Limitazioni e possibili azioni

La funzione applicata per il calcolo della recessione superficiale consente una stima del danno che, tuttavia, può non rendere completamente conto della complessità dei processi di degrado strettamente connessi alle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali costituenti il patrimonio culturale.

### Riferimenti bibliografici

1. MATTM, 2015. Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici.
2. Camuffo D., Del Monte M., Sabbioni C., "Influenza delle precipitazioni e della condensazione sul degrado superficiale dei monumenti in marmo e calcare", 1986, Ministero per I beni e le attività culturali-Bollettino d'Arte, 15-36.
3. Bonazza A., Messina P., Sabbioni C., Grossi C. M., Brimblecombe P., "Mapping the impact of climate change on surface recession of carbonate buildings in Europe", Science of the Total Environment, 407 (2009) 2039 – 2050.
4. MULTI-ASSESS. Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage. Deliverable 02. Publishable Final Report; 2007.
5. Spezzano P., "Mapping the susceptibility of UNESCO World Cultural Heritage sites in Europe to ambient (outdoor) air pollution", Science of the Total Environment, 754, 2021, 142345.
6. CLRTAP (2014). Chapter of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.

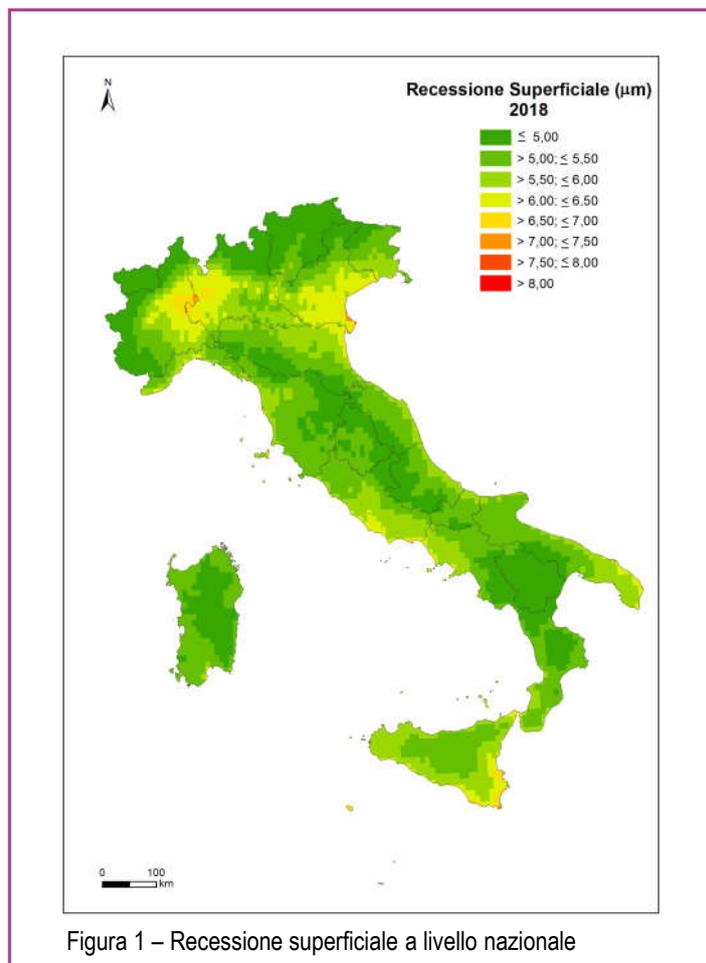


Figura 1 – Recessione superficiale a livello nazionale

### Commento alla mappa

La recessione superficiale dei materiali lapidei calcolata per il 2018 (Fig. 1) è compresa tra 4,5 e 7,8  $\mu\text{m}$ ; i valori più alti (tra 7 e 7,8  $\mu\text{m}$ ) sono stati stimati nel Nord Italia, area caratterizzata da precipitazioni più intense e in Sicilia, in cui sono state stimate concentrazioni di  $\text{SO}_2$  più alte rispetto al resto della penisola.

Referente:

Raffaella Gaddi – ISPRA

[raffaella.gaddi@isprambiente.it](mailto:raffaella.gaddi@isprambiente.it)