

DEGRADO DEI MATERIALI LAPIDEI

Fattori climatici

Precipitazioni, Umidità Relativa [1].

Altri fattori

Inquinanti atmosferici: HNO_3 , SO_2 , 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.



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 calcolata per il materiale calcareo, al 2020, è compresa tra 4,4 μm e 6,1 μm . Risulta quindi inferiore ai valori target per il 2020 e 2050, pari rispettivamente a 8,0 μm e 6,4 μm , raccomandati nel rapporto "Indicators and targets for air pollution effects" (Working Group on Effects, 2009). I valori più alti (intorno a 6 μm) sono stati stimati nel Nord Italia, area caratterizzata in particolare da precipitazioni più intense e in Calabria, in cui sono state stimate concentrazioni di SO_2 più alte rispetto al resto della penisola. I valori dell'indicatore, calcolati a livello nazionale nel periodo 2016-2020, non mostrano evidenti trend di crescita o decrescita; la recessione superficiale media è di circa 5,0 μm con un valore più basso stimato per il 2017 (4,8 μm), e un valore più alto (5,2 μm) per il 2018.

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

μm

Periodicità di aggiornamento

Annuale

Copertura temporale

2016 - 2020

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 [4]:

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

con R= recessione superficiale (μm); Rain = precipitazioni (mm/anno); RH_{60} = misura dell'umidità relativa quando l'umidità relativa (RH) è > 60, altrimenti RH_{60} = 0; $[\text{H}^+]$ = concentrazione media annua di H^+ nelle precipitazioni (mg/l); $[\text{SO}_2]$, PM_{10} = concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) di biossido di zolfo e particolato atmosferico, $[\text{HNO}_3]$ = concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) di acido nitrico calcolata mediante la relazione $[\text{HNO}_3] = 516 \times e^{(-3400/(\text{T}+273))} \times ([\text{NO}_2] \times [\text{O}_3] \times \text{RH})^{0.5}$ [5].

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
- ▶ 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 (accessibilità)
- ▶ Aggiornato secondo fonti e procedure affidabili (tempestività e puntualità)
- ▶ Disponibile su un rapporto costi/benefici
- ▶ Buona copertura spaziale
- ▶ Copertura temporale > 10 anni

Solidità scientifica

- ▶ Basato su standard nazionali/internazionali
- ▶ Ben fondato in termini tecnici e scientifici
- ▶ Correlato a modelli economici, Previsioni e sistemi di informazione
- ▶ Attendibile e affidabile
- ▶ Per metodi di misura e raccolta dati
- ▶ Comparabile nel tempo
- ▶ Comparabile nello spazio



Fonte e accessibilità

Per il calcolo dell'indicatore di recessione superficiale sono stati utilizzati i prodotti dei servizi Copernicus. Nello specifico, per l'inquinamento atmosferico sono state elaborate le concentrazioni medie annue, fornite dal Servizio CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) con una risoluzione spaziale di $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. In particolare sono stati utilizzati i dati di Reanalysis ottenuti con il modello Ensemble (Copernicus Atmosphere monitoring Service Report, 2015).

Per i dati climatici sono stati elaborati i prodotti del Servizio C3S (Copernicus Climate Change Service) con una risoluzione spaziale di $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. I dati di pH sono stati ottenuti dalle medie annue dei valori misurati dal programma EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme). I dati di input sono accessibili sui siti:

[https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-](https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-europe-air-quality-reanalyses?tab=form)

[europe-air-quality-reanalyses?tab=form](https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-europe-air-quality-reanalyses?tab=form)

<https://cds.climate.copernicus.eu#!/home>

https://atmosphere.copernicus.eu/sites/default/files/2018-08/CAMS_Dossier7_ENSEMBLE_vf.pdf

<https://www.emep.int/>

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. 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.
5. MULTI-ASSESS. Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage. Deliverable 02. Publishable Final Report; 2007.

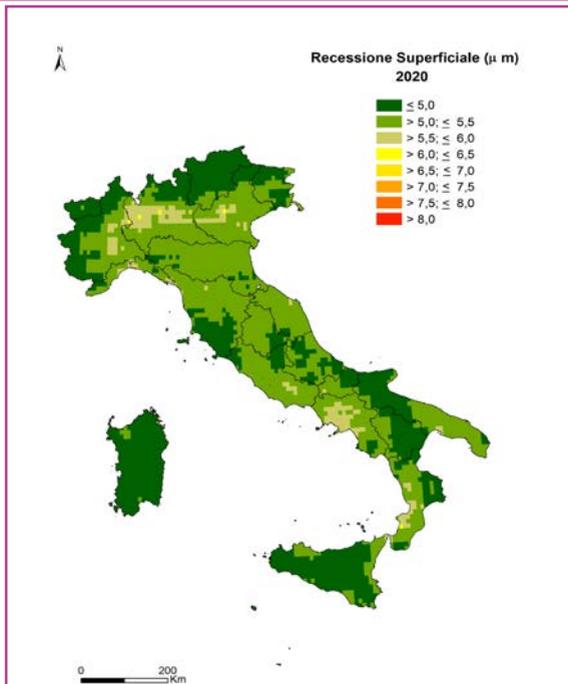


Figura 1 – Recessione superficiale del calcare per il 2020

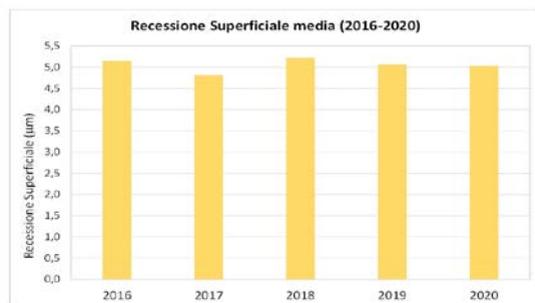


Figura 2 - Recessione superficiale media (2016-2020), stimata a livello nazionale

Commento al trend



La recessione superficiale dei materiali lapidei calcolata per il 2020 (Fig. 1) è compresa $4,4 \mu\text{m}$ e $6,1 \mu\text{m}$. La recessione superficiale media a livello nazionale, nel periodo 2016-2020 (Fig.2), è di circa $5,0 \mu\text{m}$ con un valore più basso stimato per il 2017 ($4,8 \mu\text{m}$), e un valore più alto ($5,2 \mu\text{m}$) per il 2018. I valori dell'indicatore, calcolati a livello nazionale nel periodo 2016-2020, non mostrano evidenti trend.

Referente:

Raffaella Gaddi – ISPRA

raffaella.gaddi@isprambiente.it