

**Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Titolo del progetto: Conservazione preventiva di edifici storici nell'era del Cambiamento Climatico

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:  
SCIENZE DELLA TERRA

Responsabile scientifico: Prof. Gabriele Favero

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso Department of Mechanical and Industrial Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norvegia

Azienda: Tecno.El s.r.l., ([www.tecno-el.it](http://www.tecno-el.it)), Lazio

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 10.000,00

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA AMBIENTALE con delibera del 21/09/2021

Progetto di ricerca:

Premessa

La necessità di attivare interventi mirati alla durabilità del patrimonio culturale in quanto risorsa non rinnovabile da tramandare alle generazioni future, è sancita a livello nazionale dalla Costituzione Italiana (art. 9) e a livello mondiale dall'UNESCO.

Oggigiorno vi è una maggiore sensibilizzazione e attenzione verso strategie funzionali alla conservazione preventiva dei beni culturali sia "immobili" (edifici storici) che "mobili" (oggetti/manufatti conservati nell'edificio). Queste strategie mirano a fronteggiare il progressivo ed allarmante incremento dei processi di deterioramento visibili sul patrimonio culturale dovuti ai crescenti livelli di inquinamento, all'impatto dei cambiamenti climatici e all'aumento del turismo culturale di massa.

Di conseguenza i processi di deterioramento dei materiali che costituiscono le opere d'arte possono avere cause naturali e/o antropiche e la sinergia tra le variabili in gioco quali temperatura, umidità relativa, luce ed inquinamento atmosferico ne possono accelerare la comparsa. I danni visibili sui diversi materiali possono essere di tipo meccanico, chimico, biologico o una loro combinazioni. Ogni tipologia di materiale (carta, legno, dipinti su tavola, metalli, materiali lapidei, etc.) per via della sensibilità differente al singolo agente ambientale (e.g. temperatura, umidità, luce, inquinante) presenta un livello di vulnerabilità distinto – da molto basso ad elevato.

Il problema dell'inquinamento atmosferico non è circoscritto ai soli spazi aperti, ma interessa anche ambienti interni quali quelli museali, biblioteche, chiese etc. Rispetto ai beni culturali immobili, i beni culturali mobili sono esposti indirettamente ad inquinanti "esterni" (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ozono, particolato, polveri, ecc.) e direttamente ad inquinanti "interni" (ossidi di azoto da stufe a gas, anidride carbonica dalle persone, ecc.). E' da notare che non esistono al momento valori limite specifici per valutare gli effetti dannosi da inquinamento sui beni culturali.

Intrinsecamente connesso all'aspetto dell'inquinamento antropico, i cambiamenti climatici rappresentano un ulteriore potenziale minaccia in quanto contribuiscono ad aggravare il naturale processo di deterioramento e al contempo contribuiscono alla comparsa di nuovi fenomeni di alterazione, come è stato evidenziato dal recente rapporto (2019) dell'International Council on Monuments and Sites (ICOMOS)- Climate Change and Heritage Working Group.

All'azione/impatto delle sostanze inquinanti provenienti dall'esterno e dei cambiamenti delle condizioni climatiche in

atto, si somma l'impatto dalla presenza (fortemente variabile) degli utenti/visitatori che perturbano l'ambiente interno attraverso la produzione di calore e vapore, di CO<sub>2</sub>, e attraverso il trasporto di polveri dall'esterno all'interno. Non ultimo la sinergia tra la richiesta di comfort da parte dei visitatori e l'atteso aumento delle temperature estreme e della frequenza di eventi siccitosi (IPPC, 2021) specie nell'area Mediterranea provocherà - oltre all'incremento dei processi di deterioramento - un uso intensivo di sistemi per il condizionamento dell'aria.

In questo quadro, la conservazione preventiva applicata allo studio dei casi studio proposti in questo progetto di dottorato (i.e. edifici storici e collezioni al loro interno), si propone di accrescere la durabilità delle opere nel tempo cercando di analizzare, prevenire, gestire o mitigare tutti questi fattori di rischio.

Nello specifico gli obiettivi proposti del progetto sono l'elaborazione e l'applicazione di soluzioni tecnologiche per il monitoraggio dei rischi e la prevenzione dei danni indotti dagli agenti fisico-chimico e per la individuazione di raccomandazioni e/o linee guida da mettere a punto per mitigare l'impatto degli inquinanti e dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale (beni mobili ed immobili).

#### Attività previste

Il presente progetto si articolerà secondo le seguenti principali attività:

- attività di monitoraggio delle condizioni ambientali (chimico -microclimatiche) con particolare attenzione alle misure delle concentrazioni di polveri sottili (particelle con dimensioni 0.3–1 m) e grandi (>1 m), e di CO<sub>2</sub> come indicatori proxy della fruizione da parte di visitatori/utenti; Questi parametri solitamente non sono misurati in ambienti che ospitano opere d'arte. E' previsto pertanto di implementare il sistema osservativo del microclima con contatori di particelle e di misura della CO<sub>2</sub>;
- studio delle tendenze evolutive delle condizioni ambientali su lunghi periodi (>2 anni) in edifici storici e/o sui dati delle variabili fisico-chimico raccolti in edifici ospitanti beni culturali mobili. Casi studio verranno selezionati per l'analisi del microclima storico cioè le condizioni ambientali interne a cui il materiale si è acclimatato;
- analisi delle condizioni climatiche interne ed esterne in funzione della tipologia dell'involucro edilizio per creare modelli parametrizzati in grado di simulare l'effetto tamponante dell'edificio stesso sulle condizioni climatiche esterne;
- stima del tasso di infiltrazione di particelle fini e grosse in ambiente interno responsabili dello sporco (soiling) delle superfici di opere d'arte;
- ricerca delle relazioni che quantificano sperimentalmente il cambiamento delle proprietà chimico-fisiche del bene culturale e loro applicazione. Queste relazioni permettono di convertire l'abbondanza dei fattori inquinanti e delle variabili atmosferiche (dosi) all'impatto di queste sulle proprietà dei materiali (risposta);
- identificazione delle aree ad alta criticità conservativa negli edifici e/o nelle collezioni. Queste aree ad elevati livelli di vulnerabilità saranno le zone e/o le collezioni ad alta priorità per gli interventi conservativi;
- valutazione dell'impatto delle condizioni ambientali attuali/presenti e future simulate attraverso scenari ambientali di cambiamento climatico e/o maggiori livelli di inquinanti.

#### Attività presso azienda

E' previsto uno stage aziendale (6 mesi) presso Tecno.El su metodiche strumentali convenzionali e avanzate nell'ambito del monitoraggio ambientale e microclimatico.

#### Attività presso struttura estera

L'attività di ricerca presso la struttura estera (Norwegian University of Science and Technology (NTNU) NTNU) verterà sui meccanismi di deterioramento attraverso l'uso di tecniche non distruttive, e impatto dei cambiamenti climatici su materiali a maggiore vulnerabilità, valutazione del rischio di adattamento.

Titolo del progetto (inglese): Preventive conservation of historical buildings in the Climate Change era

Progetto di ricerca (inglese):

Foreword

The needs of interventions aimed at the durability of cultural heritage as a non-renewable resource to be handed down to future generations, is established by the Italian Constitution (art.9) as well as worldwide by UNESCO. Nowadays there is high awareness and attention to strategies functional to the preventive conservation of both historic buildings and cultural objects/artefacts preserved in the building. These strategies aim to tackle the progressive and alarming increase in visible deterioration processes on cultural heritage due to increasing levels of pollution, the impact of climate change and the increase in mass cultural tourism.

Consequently, the processes of deterioration of the historical materials can be affected by natural and/or anthropogenic causes and the synergy between the variables involved such as temperature, relative humidity, light and atmospheric pollution can accelerate their development. The visible damages on the different materials can be mechanical, chemical, biological or their combination. Each type of material (paper, wood, paintings on wood, metals, stone materials, etc.) due to the different sensitivity to the single environmental agent (e.g. temperature, humidity, light, pollutant) has a distinct level of vulnerability - from very low to high.

The problem of atmospheric pollution is not limited to outdoor spaces only, but also affects internal environments such as museums, libraries, churches etc. Compared to immovable cultural assets, movable cultural assets are exposed indirectly to "external" pollutants (nitrogen oxides, sulfur oxides, ozone, particulate matter, dust, etc.) and directly to "internal" pollutants (nitrogen oxides from gas, carbon dioxide from people, etc.). It should be noted that there are currently no specific limit values to assess the harmful effects of pollution on cultural heritage.

Intrinsically connected to anthropogenic pollution, climate change represents a further potential threat as it contributes to worsening the natural decay process and at the same time contributes to the occurrence of new phenomena of alteration as highlighted by the recent report (2019) of 'International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) - Climate Change and Heritage Working Group'.

The impact of the (highly variable) presence of users / visitors who affect the internal environment through the production of heat, moisture and of CO<sub>2</sub>, and through the transport of dust from the outside to the inside, is added to the action/ impact of pollutants coming from the outside and the climate changes in progress. Last but not least, the synergy between visitors' thermal comfort and the expected increase in extreme temperatures and the frequency of dry events (IPPC, 2021), especially in the Mediterranean area, will cause, in addition to the increase in deterioration processes, an intensive use of air conditioning systems.

In this context, the preventive conservation applied to the identified case studies in this doctoral project (i.e. historic buildings and collections preserved), aims to increase the durability of the artworks over time by trying to analyze, prevent, manage or mitigate all these risk factors.

Specifically, the objectives are the development and application of technological solutions for risk monitoring and the prevention of damage induced by chemical -physical agents and for the identification of recommendations and / or guidelines to be developed to mitigate the impact of pollutants and climate change on cultural heritage.

Activities planned:

This project will be structured into the following main activities:

- monitoring of environmental conditions (chemical-microclimatic) with particular attention to the measurements of the concentrations of fine particles (with size 0.3-1 μm) and coarse (> 1 μm), and of CO<sub>2</sub> as proxy indicators of the fruition by visitors / users. These parameters are usually not measured in environments that host works of art. It is therefore planned to implement the microclimate monitoring system with particle and CO<sub>2</sub> meters;
- study of the tendency of environmental conditions over long periods (> 2 years) in historic buildings and / or on the

data of the chemical- physical variables collected in buildings hosting movable cultural objects. Case studies will be selected for the analysis of the historical microclimate, that is, the internal environmental conditions to which the material has acclimatized;

- analysis of internal and external climate according to the type of building envelope to provide parameterized models capable of simulating the buffering effect of the building itself on the external climatic conditions;

- determination of the infiltration rate of fine and coarse particles in the internal environment responsible for the soiling of valuable surfaces indoors;

- survey on the experimental relationships that quantify the change in the chemical-physical properties of the cultural asset and their application. These relationships make it possible to convert the abundance of pollution and atmospheric variables (doses) to their impact on the properties of the materials (response);

- identification of highly critical conservation areas in buildings and / or collections. These areas with high levels of vulnerability will be the areas and / or collections of high priority for conservation interventions;

- assessment of the impact of current / present and future environmental conditions, simulated through environmental scenarios of climate change and / or higher levels of pollutants.

An internship (6 months) at Tecno.El company is planned on conventional and advanced instrumental methods in the context of environmental and microclimatic monitoring.

The research activity at the Norwegian University of Science and Technology (NTNU) will focus on the mechanisms of deterioration through the use of non-destructive techniques, and the impact of climate change on materials with greater vulnerability, assessment of the risk of adaptation.