



Ambiente e salute

DESCRIZIONE

Sempre più urgente è il problema del degrado del patrimonio culturale esposto all'esterno, a causa del peggioramento dell'alterazione ambientale in seguito ai cambiamenti climatici e all'inquinamento atmosferico (come evidenziato e ampiamente studiato in diversi progetti europei, tra cui VIDRIO, TeaCH e NOAH'S ARK), all'uso improprio di prodotti commerciali e al loro invecchiamento e, non ultima, ad una gestione non sostenibile del patrimonio costruito. Il progetto NANOMATCH ha affrontato questo problema mediante lo sviluppo di nuovi prodotti, a base di alcossidi, per la conservazione di beni culturali in materiale lapideo e legno (alcossidi di calcio) e vetro (alcossido di alluminio), le cui formulazioni, applicate opportunamente, portano alla formazione di un deposito nanostrutturato adesivo alle microfessure interne del vetro o alle pareti dei pori di pietra e legno, agendo come consolidanti nei primi casi e come riserva alcalina nel caso del legno. Il progetto ha previsto la valutazione della compatibilità e dell'efficacia dei prodotti in confronto con i prodotti commerciali più usati per quel tipo di conservazione.



OBIETTIVI

Numerosi test sono stati effettuati su campioni appositamente preparati e su alcuni campioni storici per verificare le proprietà degli alcossidi e la loro prestazione come prodotti per la conservazione; parte dei test sono stati condotti in laboratorio e parte in situ, in quattro diversi siti europei: Cattedrale di Colonia (Germania), Basilica di Santa Croce a Firenze (Italia), Cattedrale di Oviedo (Spagna), Monastero di Stavropoleos a Bucarest (Romania). Particolare attenzione, nell'obiettivo di creare una valida alternativa ai prodotti commerciali, sensibili all'azione degli agenti atmosferici, è stata dedicata alla valutazione della durabilità dei trattamenti, sia in laboratorio, con processi di invecchiamento artificiale, che in situ, dove sono stati registrati anche una serie di parametri ambientali, correlabili al degrado dei materiali e legati al cambiamento climatico.

Un altro aspetto essenziale che è stato valutato è l'**impatto, risultato sostenibile, degli alcossidi sull'ambiente e sulla salute umana**, nel corso della produzione, applicazione e dopo il trattamento, **in particolare per quanto riguarda il rilascio di nanomateriali**. Infine è stata realizzata un'analisi del possibile mercato per gli alcossidi ed è stato elaborato un *business plan* preliminare.

FASI DEL PROGETTO

La prima fase del progetto è consistita in un'accurata selezione dei materiali e dei metodi da utilizzare nelle fasi successive: scelta dei litotipi calcarei, delle repliche di dipinti murali, dei tipi di legno e di campioni di vetro da utilizzare nei test di laboratorio e per l'esposizione in campo; scelta dei prodotti commerciali di riferimento, inorganici e organici; scelta dei protocolli di invecchiamento; scelta dei test e dei metodi per la valutazione delle diverse proprietà (compatibilità estetica, chimico-fisica e



meccanica; efficacia nei termini di capacità di penetrazione e/o consolidamento o variazione del pH nel caso del legno; comportamento a lungo termine); scelta dei parametri microclimatici da monitorare (in particolare comportamento termico, rischio di condensazione, cristallizzazione dei sali e danno da gelo per i materiali lapidei; livelli di umidità in prossimità della superficie per legno e vetro).

La seconda fase del progetto è consistita nella sintesi degli alcossidi di calcio e nell'ottimizzazione della formulazione dell'alcossido di alluminio (la cui sintesi era stata realizzata durante il precedente progetto europeo CONSTGLASS). Nel primo caso sono state provate molte sintesi e sono stati ottenuti molti prodotti, tra i quali ne sono stati scelti due (etossido di calcio e tetraidrofurfurilossido di calcio) di cui poi è stata effettuata la sintesi su piccola scala industriale (3-3,5 kg). Nel secondo caso è stata raggiunta una formulazione migliore del prodotto per garantire una buona stabilità anche in condizioni di umidità relativa medio-alte.

Particolare attenzione è stata dedicata, nella terza fase del progetto, alla scelta delle condizioni più opportune per l'applicazione dei prodotti, con i quali si sono poi trattati i modelli e i campioni storici selezionati. I campioni trattati con i prodotti Nanomatch, quelli trattati con i corrispondenti prodotti commerciali e i campioni non trattati sono stati quindi sottoposti a tutti i test previsti per la valutazione delle proprietà prima e dopo il trattamento.

Nella quarta fase, alcuni campioni, trattati e non trattati, assieme a campioni storici provenienti dai diversi siti, sono stati posizionati in apposite rastrelliere progettate *ad hoc* in modo da avere più o meno esposizione ai fattori atmosferici: in questo caso c'è stata una valutazione dei campioni trattati e non trattati anche prima e dopo l'esposizione di circa un anno per valutarne il comportamento a lungo termine e l'effetto degli agenti climatici.

L'ultima fase ha previsto *in primis* la valutazione del rischio legato al trattamento, in particolare per quanto riguarda il possibile rilascio di nanoparticelle, durante e in seguito al trattamento conservativo. Dopo un'accurata indagine in letteratura, si sono riprodotti degli scenari realistici relativi all'azione dell'operatore/restauratore nell'applicazione dei prodotti e al **possibile rilascio nell'ambiente dei prodotti applicati in seguito all'azione degli agenti ambientali**.

Questa fase ha portato alla realizzazione delle **schede di sicurezza (MSDS) dei prodotti**, indispensabili in caso di una eventuale commercializzazione del prodotto, in vista della quale è stata condotta un'analisi del mercato del consolidamento di pietra/materiali lapidei e vetro attraverso la distribuzione di questionari agli operatori del settore (restauratori, responsabili di soprintendenze/musei/siti, ecc...) che ha permesso anche la predisposizione di un *business plan*, seppur preliminare.

RISULTATI RAGGIUNTI

La ricerca effettuata durante il progetto ha permesso di ottenere due tipologie di prodotti:

- un alcossido di alluminio addizionato di trietanolammina che si è dimostrato molto efficace nel trattamento delle microfessure dei vetri/vetrature storiche;
- due alcossidi di calcio (calcio etossido e calcio tetraidrofurfurilossido) che sono risultati compatibili con le pietre calcaree, con una buona penetrazione (fino a 25 mm nelle pietre più porose), e un buon effetto consolidante. Il principale prodotto commerciale (silicato di etile) risulta più efficace ma evidenzia anche notevoli problemi di compatibilità con la pietra calcarea, alterandone le proprietà chimico-fisiche.

I test di durabilità (comportamento a lungo termine) sono risultati molto soddisfacenti, con una compatibilità estetica, coesione e penetrazione, addirittura migliorate dopo circa un anno di esposizione. In relazione ai dati ambientali, non si sono viste particolari differenze per quanto riguarda l'esposizione nei diversi siti e quindi in un diverso contesto ambientale, così come, a parte in casi molto specifici, non sono state evidenziate particolari correlazioni con i dati microclimatici. Va sottolineato però che, dopo circa 1 anno, la ricristallizzazione del prodotto dalla superficie ai pori più interni, dovuto all'umidità esterna/pioggia, ha portato l'effetto positivo di un maggior consolidamento nelle superfici lapidee.

Risultati analoghi sono stati ottenuti con i dipinti, nei quali l'efficacia, generalmente buona, dipende però dalla tecnica pittorica. Per quanto riguarda i substrati lignei, l'alcossido di calcio ha mostrato proprietà di neutralizzazione e di riserva alcalina con benefici effetti di mantenimento del pH basico in caso di ulteriore attacco acido.

Risultato positivo sono stati raggiunti anche con l'alcossido di alluminio per il vetro, per cui è stata osservata una reazione di trasformazione del prodotto nella matrice vetrosa per una completa compatibilità chimico-fisica. Anche il potere di penetrazione è risultato migliorato, con possibilità di consolidare fratture nell'ordine dei micrometri.

La valutazione del rischio associata all'uso di questi prodotti nel campo del restauro ha portato a buoni risultati per quanto riguarda il rilascio di nanoparticelle in fase di applicazione del prodotto (la fase che comporta il maggior rilascio è la spazzolatura della pietra, mentre nel corso dell'applicazione non vi è rilascio, essendo il rischio esclusivamente di tipo chimico, associato all'uso dei solventi, che vanno opportunamente selezionati) e **nella successiva fase di interazione del prodotto applicato con gli agenti atmosferici** (sole, pioggia, variazioni di temperatura), dove il rilascio maggiore è dovuto alla matrice calcarea e sempre in forma di ioni calcio solubili, non nanoparticolati.

Per quanto riguarda l'alcossido di alluminio, il maggiore rischio risultava legato alla formazione di metanolo in seguito all'utilizzo di un silano epossidico per la stabilizzazione del prodotto a più alti livelli di umidità relativa. **Anche in questo caso i test effettuati non hanno rilevato particolari rischi per la salute umana.**



Progetto NANOMATCH

Nano-sistemi con effetto consolidante e protettivo per la tutela del patrimonio culturale rispetto ai cambiamenti dell'ambiente (Nano-systems for the conservation of immovable and moveable polymaterial Cultural Heritage in a changing environm

Il risultato generale dunque è stata l'ottenimento di prodotti che possono proporsi come una valida alternativa ai prodotti tradizionali: in particolare i nuovi prodotti sono efficaci per la conservazione dei rispettivi materiali, sono assolutamente compatibili con i substrati trattati e hanno evidenziato il mantenimento dell'efficacia a lungo termine, non risultando particolarmente sensibili all'azione degli agenti di degrado atmosferici e inquinanti. Inoltre non è trascurabile il fatto che siano prodotti sicuri per la salute degli operatori e dell'ambiente.



Acronimo
NANOMATCH

Protocollo
283182

Programma di riferimento
[7° programma quadro per la ricerca](#)

Beneficiario coordinatore
Consiglio Nazionale delle Ricerche -
Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del
Clima (CNR-ISAC)

Contatti
Adriana Bernardi (Coordinatore di
progetto)

Contributo EU
2.522.698,46

Anno Call
2011

Anno di inizio
2011

Anno di chiusura
2014

Sede del Beneficiario

Corso Stati Uniti, 4
35127 Padova PD
Italia

Regione
Veneto