



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici



WORKSHOP
CALCE. ARTE, RESTAURO, EDILIZIA DI QUALITA'
Re-Lime 2022

Pietramontecorvino (FG), 5-6 maggio 2022

ABSTRACTS

“Conosciamo la Calce”

**Congresso “Malte a calce.
Dal passato soluzioni per il futuro”**

“Conosciamo la Calce”

Teatro comunale S. Pardo

5 maggio 2022

Le calci. Impariamo a (ri)conoscerle

Michele Macchiarola

CNR – ISTEC, Faenza (RA)

Partendo dalla definizione UNI di malta verranno mostrate le caratteristiche dei diversi tipi di leganti, approfondendo soprattutto le proprietà e i meccanismi di presa delle calci sia aeree che idrauliche. Saranno evidenziate le caratteristiche di eco sostenibilità delle calci e le sostanziali differenze con il cemento portland.

Attraverso dei casi di studio di malte storiche, verranno infine discusse le diverse modalità utilizzate in passato per ottenere delle malte a carattere idraulico.

Starting from the UNI definition of mortar, the characteristics of the different types of binders will be shown, focusing above all on the properties and setting mechanisms of both aerial and hydraulic limes. The eco-sustainability characteristics of the limes and the strong differences with Portland cement will be highlighted. Through case studies of historical mortars, the different methods used in the past to obtain hydraulic mortars will be discussed.

Il ciclo della pietra e della calce nella Puglia settentrionale. Elementi per la ricostruzione dei processi di produzione e lavorazione dei materiali lapidei nel lungo periodo

Angelo Cardone

Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Ricerca e Innovazione Umanistica - DiRIUM

La proposta d'intervento riguarda un lavoro in corso sul ciclo della pietra nella Puglia centrosettentrionale, con uno sguardo rivolto in particolare a due aree della Capitanata (Gargano, monti Dauni settentrionali), condotto nell'ambito di un progetto di dottorato.

Questo lavoro consiste nella localizzazione delle aree di approvvigionamento e infrastrutture produttive (cave, aree di raccolta, fornaci e calcare) e in approfondimenti sulle modalità delle lavorazioni, tramite l'analisi dell'edilizia storica e una prospettiva etnoarcheologica. Sono presi in esame riferimenti contenuti in fonti documentarie, toponomastica, informazioni da trattati moderni e lavori di studiosi locali, indicazioni della cartografia storica e IGM (utile per definire il quadro alla metà del XX secolo); questi dati sono integrati con lo studio dell'analisi delle tracce di lavorazione sui materiali lapidei in siti archeologici e il confronto con le comunità locali per il recupero della 'memoria storica' rispetto ai processi edilizi (gestione dell'approvvigionamento di lapidei e calce, suddivisione dei lavori, strumenti impiegati...).

Questa base permette di articolare l'intervento affrontando una serie di tematiche a diversa scala. In generale, è possibile iniziare a ragionare in maniera regressiva sulla relazione fra aree di

approvvigionamento/estrazione/produzione e insediamenti di età medievale e moderna nel lungo periodo, con focus su alcuni comparti (posizione e distanza delle cave e delle calcare rispetto agli insediamenti, alla viabilità, alla disponibilità del combustibile per l'area garganica; uso di elementi di raccolta, ad es. in prossimità di corsi fluviali o torrentizi, in assenza di cave storiche, come nel caso dell'area di Montecorvino-Pietramontecorvino). Più in dettaglio, alcuni elementi interessano la storia produttiva locale dei leganti: la ricognizione di alcune calcare in area pedegarganica di età moderna (ma in aree storicamente sfruttate per l'approvvigionamento lapideo) permette una descrizione delle strutture; la rilettura di trattatisti dauni (ad es. padre Manicone) e autori di storie del territorio (ad es. G. Tardio) restituiscono indicazioni sulla scelta del materiale, pratiche locali della produzione, usi del prodotto finito. Infine, il passaggio finale del ciclo della pietra è esemplificato dallo studio sistematico delle tracce di lavorazione sugli elementi costruttivi della cattedrale di Montecorvino, utile per ragionare su metodi e potenzialità di questo tipo di analisi.

Stone and lime cycles in northern Apulia. Elements about production and processing of stone materials in the long term

This proposal concerns an ongoing work on the stone cycle in central-northern Apulia, focusing two areas of Capitanata region (Gargano, northern monti Dauni); it is part of a doctoral project. Targets of this work are locating the supply areas and production infrastructures (quarries, ground-collection districts, lime kilns) and in-depth analysis of processing (analysis of historical buildings and an ethno-archaeological perspective are carried on). References in written sources, toponymy, historical cartography and IGM (useful for defining the picture in the mid-twentieth century), informations from modern treatises and works by local historians are collected; the analysis of stone cutting marks in archaeological sites and the comparison with local communities to recovery of the 'historical memory' about building processes (management of the supply of stone and lime, roles of workers, used tools...).

This research allows a series of issues. In general, we can start reflections about the relationship between supply / extraction / production areas and medieval and modern settlements in the long term, focusing on some districts (position and distance between quarries, lime kilns and settlements, viability, wood availability areas, for the Gargano area; exploitation of ground-collection stones, as pebbles from rivers or streams, where aren't historical quarries, as in the case of the Montecorvino-Pietramontecorvino territory).

Moreover, some elements concern the local, historical production of mortars: survey of some lime kilns in the south area of Gargano (even modern age kilns, they are located in areas historically exploited for the supply of stone) allows a description of the structures; some local scholars (eg. Father Manicone) or historians (eg G. Tardio) provide informations on the choices of materials, local production practices, uses of mortar. Finally, the systematic study of stone cutting marks in Montecorvino cathedral represents the last step of the stone cycle and a useful case study to evaluate methods and perspectives of this research.

La Nobile produzione di Sua Maestà la crema di Grassello grasso di calce tradizionale

Angelo Marseglia

Marseglia Calce Srl, Carovigno (BR)

L'intervento illustra le arcaiche tecniche di cottura del calcare, ancora oggi utilizzate dalla Marseglia Calce Srl.

Partendo dalla descrizione dell'antico forno a tino, a fiamma indiretta e tiraggio naturale, della Marseglia Calce, saranno esposte tutte le fasi della produzione dalla ricerca e dalla scelta della materia prima (pietre calcaree), oltre che della legna da utilizzare in cottura, fino alla puntuale descrizione dello spegnimento dell'ossido di calcio, della sua stagionatura in vasca e agli impieghi della crema di grassello grasso di calce tradizionale.

L'affresco tra passato e futuro. Oltre i confini

Eolo Paul Bottaro

Bottaro Studio, Melbourne (Australia)

Attraverso un video vengono mostrate dettagliatamente tutte le fasi esecutive di una delle più grandi opere in affresco realizzate in Australia (4m di altezza x 3,5m di larghezza), ubicata presso The Australian Events Center di Melbourne. L'opera, realizzata nel 2017 e denominata "Udepata – The Gatering Place", mette in evidenza come l'affresco, antica e raffinata tecnica artistica di origine mediterranea, conserva pienamente la sua attualità e forza espressiva, in un contesto contemporaneo tanto diverso, assimilando ed esaltando motivi iconografici e caratteri culturali tipicamente australiani.

A video shows in detail all the executive phases of one of the largest fresco works created in Australia (4m high x 3.5m wide), located at The Australian Events Center in Melbourne. The artwork, created in 2017 and called "Udepata - The Gatering Place", highlights how the fresco, an ancient and refined artistic technique of Mediterranean origin, fully preserves its relevance and expressive force, in a very different contemporary context, assimilating and enhancing typically Australian iconographic motifs and cultural characters.

Il Cemento Naturale, 170 anni di storia

Marco Cappellari, Alex Reggiani

VICAT, L'Isle d'Abeau, Francia

La Société des Ciments Vicat è un gruppo francese internazionale, coinvolto principalmente nei settori del cemento, del calcestruzzo e degli inerti. Il gruppo possiede anche l'ultima cava di Cemento Naturale presente in Europa; da oltre 160 anni infatti, nel massiccio della Chartreuse, viene utilizzato un giacimento eccezionale per la produzione del Cemento Naturale Prompt .

Questo massiccio calcareo, situato a nord di Grenoble in Francia, fa parte della catena subalpina ed è costituito da uno strato geologico unico, composto di strati sedimentari formati durante l'orogenesi alpina. Si tratta di un calcare argilloso, di composizione chimico-mineralogica specifica, adatto per la fabbricazione di Cemento Naturale, senza alcuna aggiunta di materiali esterni.

Il Cemento Naturale Prompt infatti, è un legante idraulico naturale in quanto è fabbricato con una sola materia prima.

È il risultato della cottura, in forni verticali, a temperature inferiori ai 1200°C, di calcari argillosi dalla composizione regolare, estratti in banchi omogenei e macinati molto finemente.

Il suo ciclo produttivo è simile a quello di una calce. Essendo però un cemento belitico, ha delle performances dal punto di vista dei tempi di presa e delle resistenze meccaniche completamente diverse da una calce; per questo motivo può essere utilizzato in molteplici applicazioni.

Nella presentazione verranno illustrate in maniera puntuale la storia, la produzione, le proprietà e le applicazioni storiche oltre che in interventi di restauro, di questo particolare legante idraulico.

Société des Ciments Vicat is an international French group mainly involved in the cement, ready mixed concrete and aggregates sectors. The group also owns the last Natural Cement quarry in Europe; in fact, for over 160 years, in the Chartreuse massif, an exceptional deposit has been used for the production of Prompt Natural Cement.

This limestone massif, located north of Grenoble in France, is part of the subalpine chain and consists of a unique geological layer, composed of sedimentary layers formed during the Alpine orogeny.

It is a clayey limestone, with a specific chemical-mineralogical composition, suitable for the production of Natural Cement, without any addition of external materials.

In fact, Prompt Natural Cement is a natural hydraulic binder as it is produced with a single raw material.

It is the result of the firing, in vertical ovens, at temperatures below 1200 ° C, of clayey limestone with a regular composition, extracted in homogeneous banks and very finely ground.

Its production cycle is similar to that of a lime. However, being a Belitic cement, it has performances from the point of view of setting times and mechanical strengths that are completely different from a lime; for this reason it can be used in many applications.

The presentation will accurately show the history, the production, the properties, historical applications and the use in restoration interventions of this particular hydraulic binder.

CONGRESSO

“Malte a calce. Dal passato soluzioni per il futuro”

Teatro comunale S. Pardo
6 maggio 2022

La Calce a Ravenna. L'originalità di un sapere

Marco Santi, Anna Caterino
Accademia di Belle Arti di Ravenna

Ravenna ancora oggi preserva scrupolosamente, nella sua formazione accademica, l'eccellenza dell'arte musiva fatta di tecniche, competenze e saperi originari. Il merito di salvaguardia di questo linguaggio artistico storico, rispetto ad altri centri del mosaico (Spilimbergo, Venezia, Roma, Parigi) o rispetto alle sue variate contemporanee più industriali, è sicuramente da ricercarsi nella meticolosa conservazione delle antiche metodologie produttive, come taglio manuale delle tessere e metodo diretto di esecuzione, che, se da un lato comportano una dilatazione dei tempi di produzione e un proporzionale aumento dei costi di realizzazione, dall'altro sono le uniche metodologie che rispettano la specificità di questo linguaggio e garantiscono risultati estetici e formali di eccezionale valore. Tra queste trova particolare interesse per la sua specificità, la cosiddetta tecnica ravennate con metodo diretto su supporto provvisorio che trova nella calce valide caratteristiche versatili e performative nel suo impiego come supporto provvisorio.

Partendo con il primo avvento del Cristianesimo per giungere fino alla modernità, il destino del mosaico e delle sue tecniche esecutive si legano sempre più agli ambienti architettonici privati e ai grandi spazi pubblici urbani instaurando con essi un proficuo dialogo ma anche un'unione inscindibile; un legame supportato dall'adattamento delle tecniche antiche all'uso di materiali innovativi.

Ravenna still today scrupulously preserves, in its academic training, the excellence of mosaic art made of techniques, skills and original knowledge. The merit of safeguarding this historical artistic language, compared to other mosaic centers (Spilimbergo, Venice, Rome, Paris) or compared to its more industrial contemporary variations, it is certainly to be found in the meticulous preservation of ancient production methods, such as manual cutting of the tiles and direct method of execution, which, on the one hand, involve an increase in production times and a proportional increase in production costs, on the other, are the only methodologies that respect the specificity of this language and guarantee aesthetic and formal results of exceptional value. Among these finds particular interest for its specificity, the so-called technique ravennate with direct method on temporary support that finds in lime valid versatile and performative characteristics in its use as a temporary support.

Starting with the first advent of Christianity to reach modernity, the fate of the mosaic and its execution techniques are increasingly linked to private architectural environments and large urban public spaces, establishing a fruitful dialogue with them but also an inseparable union; a bond supported by the adaptation of ancient techniques to the use of innovative materials.

Hot lime mortar in Slovenia

Mateja Kavčič¹, Jože Drežar²

¹Institute for the Protection of Cultural Heritage of Slovenia, Restoration Centre and Regional Unit, Ljubljana, Slovenia

²GNOM d.o.o., Šentvid pri Stični, Slovenia

Lime is a construction binder that has been used for construction throughout history until it was almost replaced by cement in the last 150 years. Today, lime technology is nearly forgotten, but its existence and durability is proven again and again by the thousand of years tradition and the solidity of the buildings constructed with this technology. In the period of revival of lime technology in Europe for the protection of cultural heritage since 1980, the use of lime focused on the use of lime putty mortar and was limited to superficial areas, works of art and facades. The question remained, how the walls were built if they used the lime putty mortars? Was it used for all phases of construction? What was the time management of the construction, since lime technology is known for its slow drying? If lime putty was used archeologists would have found remains of caves near major construction sites that were used to make lime putty and its storage. But these are rare finds, so it is possible that the construction work was done differently, faster and more conveniently. Today we know that the lime was slaked at the construction site and used in its hot stage, when it was still fresh. This gives it unique advantages; it allows better bonding of various materials, swells due to its unfinished state, and requires smaller amounts of water... How all this went about was answered in Slovenia to a small extent by tradition. Local production of lime was preserved, using field caves and knowledge of traditional bricklaying which is not taught in schools, but passed down from older generations. Restoration company Gnom absorbed this knowledge and tradition and uses hot lime mortar in the renovation of cultural monuments, from the restoration of walls to the application of mortar. In the last 20 years, a large number of successful projects have been carried out, proving that this technology is the right one. The problem with the application of traditional technology today is not so much in the work itself as in the restrictions and requirements more suitable for industrial production. Guarantees, work safety, declarations of the technical aspects of the material, various tests ... These are the challenges that you have to deal with every day. In this presentation, the hot lime mortar in Slovenia and its preparation will be presented and some well-known examples of this technology will be discussed.

La Villa ritrovata. Interventi di restauro e di manutenzione straordinaria delle strutture e delle facciate di “Villa Vannucci – Savona” (XVIII sec.), Palermo

Giuseppe Ingui

Impresa Scancarello Srl, Palermo

Il Restauro della Facciata di Villa Vannucci è stato molto complesso, l'opera si presentava in uno stato di conservazione molto precario da un punto di vista statico/conservativo. Abbiamo dovuto quindi progettare un intervento che mirasse soprattutto a conservare le tracce del passato, ma nello stesso tempo assicurare alla struttura una stabilità architettonica che permettesse alla stessa di continuare il suo tempo vita, e la trasmissione al futuro.

La metodologia d'intervento che abbiamo seguito si è basata soprattutto nell'utilizzare materiali compatibili e oramai ben testati nell'ambito del restauro conservativo; ossia l'impiego di materiali idonei quale la calce idraulica naturale (NHL 3,5) con vari aggregati simili all'originale, assicurando al nostro intervento quel principio di compatibilità e stabilità che questi materiali hanno nel tempo.

La realizzazione di malte e colori a base calce ci hanno permesso di mantenere e valorizzare quelle cromie del tempo; mentre le finiture a base calce e polvere di marmo conferiscono alla facciata una particolare riflessione di luci e chiaroscuri.

Con l'utilizzo di prodotti naturali, pigmenti, calce, polvere di marmo, cocchiopesto, sabbia di fiume, ecc. abbiamo cercato di riconferire, al massimo delle nostre possibilità, al monumento le sue peculiari caratteristiche fisico-meccaniche ed estetiche. Penso che la filosofia di utilizzare prodotti naturali e conformi sia la strada maestra a cui il restauro monumentale e non solo deve direzionarsi.

Il Workshop Re-Lime 2022, a mio parere, rappresenta una importante e proficua occasione per iniziare finalmente a Riparlare dei prodotti naturali in tutte le sfaccettature.

The re-discovered Villa. Restoration and extraordinary maintenance interventions on the structures and facades of "Villa Vannucci - Savona" (18th century), Palermo

The restoration of the facade of Villa Vannucci was very complex, the work was in a very precarious state of conservation from a static / conservative point of view. Therefore we had to plan an intervention that aimed above all at preserving the traces of the past, but at the same time guaranteeing the structure a continuous stability that would allow it to last its life time, and to transmit it to the future.

The intervention methodology that we followed was based above all on the use of compatible and well-tested materials in the field of conservative restoration; that is the use of suitable materials such as natural hydraulic lime (NHL 3.5) with different aggregates similar to the original ones, ensuring to our intervention the principle of compatibility and stability that these materials have over time.

The preparation of lime and colors based on lime have allowed us to maintain and enhance those colors of the time; while the finishes composed of lime and marble powder give the façade a particular reflection of light and chiaroscuro.

With the use of natural products, pigments, lime, marble dust, cocchiopesto, river sand, etc. we have tried to give the monument its peculiar physical-mechanical and aesthetic characteristics to the best of our ability. I think that the philosophy of using natural and compliant products is the main road to which the monumental restoration and not only must go.

In my opinion, the Re-Lime 2022 Workshop represents an important and profitable opportunity to finally start talking about natural products in all their facets.

Tipi di finiture e modalità di protezione degli intonaci storici, tra tradizione e conservazione

Luca Scappin
Università IUAV, Venezia

Gli studi condotti sui rivestimenti ad intonaco delle superfici storiche veneziane hanno permesso di individuare una serie di peculiarità, nelle stratificazioni di materia e nelle tecniche esecutive, che risultano differenziate nel corso del tempo. Tali caratteristiche sono state riconosciute anche nei rivestimenti del passato presenti sul territorio di terraferma, particolarmente nelle aree geografiche che potevano più facilmente esprimere un influsso diretto della civiltà veneziana come le attuali province della regione Veneto, ma gli stessi parametri valgono per altri centri storici verificati nell'Italia centrale e settentrionale.

La lettura dei cambiamenti delle particolarità materiche e tecniche nel loro percorso storico permette di evidenziarli come elementi di datazione, poiché testimoniano determinate scelte architettoniche e tecnologiche di periodo.

Inoltre, negli intonaci della tradizione precedente il XIX secolo si possono riconoscere delle forme di protezione superficiale basate sull'impiego di materiali inorganici, come la calce in forma di crema o latte, oppure di sostanze organiche, di tipo vegetale (cera carnauba, olio di lino, sapone prodotto a Venezia, sapone di Aleppo, sapone di Marsiglia) o animale (cera d'api). Per quanto si deduce dalle analisi effettuate su campioni di intonaci storici e in relazione alle informazioni presenti nella letteratura della tradizione, si può affermare che queste protezioni dall'acqua di invasione esterna sono sempre state considerate un elemento

imprescindibile per garantire una migliore durata dell'intero rivestimento, legata alla riduzione della porosità superficiale. La tecnica di applicazione dei protettivi, riconoscibile anche dai fenomeni di degrado e dalle sezioni microstratigrafiche di campioni, era basata sulla stesura nello stato di fresco dell'ultimo strato di finitura in modo da sfruttare la coesione con la parte liquida della calce presente in superficie quando l'intonaco inizia la carbonatazione.

In considerazione del rapporto stretto esistente tra durabilità e tipo di superfici, una sperimentazione di laboratorio, che intendeva confrontare gli effetti dei materiali tradizionali e dei prodotti commerciali applicati su due serie di campioni, ha messo in evidenza come i protettivi della tradizione hanno maggiori capacità di mantenere nel tempo le proprietà di idrorepellenza e di ridotto assorbimento capillare. In altre prove relative all'utilizzo del sapone, si sono verificati impieghi di saponi di diversa origine e consistenza deducendo che vi sono ambiti di applicazione differenti in relazione alla tecnica di stesura e alle condizioni della superficie del supporto. Alcune applicazioni con acqua di calce e acqua saponata sono state sperimentate in modo efficace anche su superfici di parete con intonaci e murature a vista, che presentavano differenti forme di degrado.

Rispetto agli intonaci a base di calce di tipo tradizionale le forme di protezione possono garantire tempi lunghi di manutenzione programmata con modalità che sfruttano le proprietà di questo legante. In relazione alle esperienze svolte si può affermare che l'applicazione di protettivi deve tener conto di parametri e requisiti prestazionali legati non solo all'idrorepellenza, alla permeabilità al vapore, all'assorbimento capillare, alla penetrazione ma anche ai possibili effetti consolidanti, ai cambiamenti cromatici e alle variazioni di opacità o brillantezza della superficie.

Types of finishes and methods of protection of historical plasters, between tradition and conservation

The studies carried out on the plaster coatings of the historic Venetian surfaces have made it possible to identify a series of peculiarities, in the layering of materials and in the executive techniques, which have been differentiated over time. These characteristics have also been recognized in the coatings of the past present on the mainland, particularly in the geographical areas that could more easily express a direct influence of the Venetian civilization such as the current provinces of the Veneto region, but the same parameters are valid for other historical centers verified in the 'Central and northern Italy.

Reading the changes in the material and technical particularities in their historical path allows us to highlight them as dating elements, as they testify to certain architectural and technological choices of the period.

Furthermore, in the plasters of the pre-nineteenth century tradition it is possible to recognize forms of surface protection based on the use of inorganic materials, such as lime in the form of cream or milk, or organic substances, of a vegetable type (carnauba wax, linseed oil, soap produced in Venice, Aleppo soap, Marseille soap) or animal (beeswax). As can be deduced from the analyzes carried out on historical plaster samples and in relation to the information present in the traditional literature, it can be said that these protections from external invasion water have always been considered an essential element to ensure a better duration of the entire coating, linked to the reduction of surface porosity. The protective application technique, also recognizable by the degradation phenomena and by the microstratigraphic sections of samples, was based on the fresh application of the last finishing layer in order to exploit the cohesion with the liquid part of the lime present on the surface when the plaster begins carbonation.

In consideration of the close relationship between durability and type of surfaces, a laboratory experiment, which aimed to compare the effects of traditional materials and commercial products applied on two series of samples, highlighted how traditional protective products have greater ability to maintain over time the properties of water repellency and reduced capillary absorption. In other tests relating to the use of soap, there were uses of soaps of different origin and consistency, deducing that there are different areas of application in relation to the application technique and the conditions of the surface of the support. Some applications with lime water and soapy water have also been tested effectively on wall surfaces with exposed plaster and masonry, which showed different forms of degradation.

Compared to traditional lime-based plasters, the forms of protection can guarantee long scheduled maintenance times in ways that exploit the properties of this binder. In relation to the experiences carried out, it can be stated that the application of protective products must take into account parameters and performance requirements related not only to water repellency, vapor permeability, capillary absorption,

penetration but also to possible consolidating effects, changes colors and variations in opacity or gloss of the surface.

Si fa presto a dire calce: il complesso mondo del costruito storico pugliese

Eramo G.^{1}, Pinto D.¹, Fioretti G.¹, Mangone A.²*

¹Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università di Bari Aldo Moro, Via Orabona 4, 70125 - Bari

²Dipartimento di Chimica, Università di Bari Aldo Moro, Via Orabona 4, 70125 - Bari

Keywords: calce, malte, intonaci, idraulicità, Puglia, petrografia, SEM-EDS, XRPD, XRF, Raman

Dal subappennino dauno al Salento, il substrato geologico carbonatico caratterizza il paesaggio e la cultura materiale della Puglia. Nell'ambito del costruito, l'ampio utilizzo storico della calce come legante in vari contesti di applicazione emerge da una serie di casi di studio che coprono un arco cronologico dal IV secolo a.C. al XVIII secolo d.C.

Lo studio petrografico, mineralogico e chimico di malte e pitture a calce porta alla luce una complessità tecnologica, quasi del tutto cancellata dalla diffusa presenza di prodotti industriali, che parte dalla scelta della pietra da calcinare e degli aggregati e passa dalle modalità di spegnimento e di preparazione dell'impasto fino alla posa in opera.

Attraverso esempi di utilizzo dall'antichità all'età moderna nella Puglia centro-settentrionale si presenteranno e discuteranno soluzioni tecnologiche indicatrici di una dimensione ecologica della produzione a testimonianza di tecnologie a misura d'uomo e di sostenibilità.

It's easy to say lime: the complex world of Apulian historical buildings

From Subappennino dauno to Salento, the carbonate geological substratum characterizes the landscape and the material culture of Apulia. In the field of historical buildings, the wide use of lime as a binder in various contexts of application emerges from a series of case studies covering a chronological span from the 4th century BCE to the 18th century CE.

The petrographic, mineralogical and chemical study of lime mortars and paints brings to light a technological complexity, almost completely cancelled by the widespread presence of industrial products, that starts from the choice of the stone to be calcined and of the aggregates and passes through the modalities of lime hydration and of preparation of the mixture up to the laying.

Through examples of use from antiquity to the modern age in central-northern Apulia, technological solutions indicating an ecological dimension of production will be presented and discussed, bearing witness to technologies on a human scale and sustainability.

Paesaggio costruito e cicli produttivi per l'edilizia nella vicenda insediativa di Montecorvino sui Monti Dauni (XI-XV sec.)

Roberta Giuliani

Dipartimento di Ricerca e Innovazione Umanistica dell'Università di Bari - Università di Bari "Aldo Moro"

Montecorvino, città medievale abbandonata dei Monti Dauni, è oggetto di ricerca sul campo sin dal 2006 da parte del Dipartimento di Studi Umanistici dell'Università di Foggia, cui, dal 2021, si è aggiunto il Dipartimento di Ricerca e Innovazione Umanistica dell'Università di Bari; al progetto collaborano anche altri enti di ricerca (Università del Salento per le indagini archeobotaniche; Dip. di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università di Bari per le analisi archeometriche delle malte e delle ceramiche; Ludwig Maximilian Universität di Monaco e il Max Planck Institute di Iena per analisi degli isotopi su resti antropologici ed archeofaune; Università di Camerino per l'estrazione del DNA antico).

Il sito fu fondato nei primi decenni dell'XI sec., nell'ambito del progetto di rafforzamento della frontiera bizantina contro i Longobardi di Benevento; di questo *kastron* murato, diventato presto anche sede di una diocesi, sono stati rinvenuti al momento soltanto pochi resti. Nella fase del riassetto topografico succeduto alla conquista normanna (2^a metà XI sec. - inizi XII sec.) la sede del potere civile e militare occupò l'area ovest dell'insediamento, dove fu costruita un'alta torre quadrangolare su terrapieno, circondato da un fossato, mentre nel settore urbano centrale il potere religioso diede avvio ad un importante cantiere di ampliamento e ricostruzione del primo nucleo della cattedrale, realizzato già in età bizantina.

Successivamente, in età sveva (prima metà XIII sec.) il polo castrale venne articolandosi con la costruzione di una seconda torre, pentagonale, e del muro che recingeva la sommità della motta. Nella seconda metà del secolo quest'area fu trasformata in una rocca con l'erezione di una serie di edifici funzionali ed una cappella. Parallelamente il settore della cattedrale si sviluppò ulteriormente con l'edificazione di un palazzetto episcopale. Le indagini geofisiche ed alcuni approfondimenti di scavo mostrano che il sito era circondato da mura protette forse da un fossato e che l'abitato doveva occupare in maniera molto fitta l'area tra *castrum* e vescovado, estendendosi anche ad Est della cattedrale.

Il sito andò declinando a partire dal XV sec.; attività di smantellamento degli edifici ubicati sulla rocca è indiziata dalla piccola calcara tardomedievale rinvenuta alla sua sommità. Nel 2021 un'altra calcara (3 m di diametro) è stata rinvenuta ai piedi della rocca; l'impianto è ancora in corso di scavo e la sua collocazione cronologica è tuttora da definire.

Sul sito è stata effettuata un'ampia campionatura di malte prelevate all'interno delle murature delle varie fasi costruttive. Al momento le analisi archeometriche, condotte dal prof. Eramo dell'Università di Bari, si sono incentrate in particolare sulle malte utilizzate per la costruzione della torre quadrangolare e di alcuni edifici che compongono la rocca.

In particolare dall'esame dei campioni relativi alla fabbrica turrata è emerso l'impiego di una calce con proprietà idrauliche, ottenute con l'uso di calcari marnosi e uno spegnimento della calce stessa in fase di impasto (*hot lime mortar*), tipico delle regioni del Nord Europa, segno forse, unitamente ad altri indicatori archeologici, di un coinvolgimento di saperi costruttivi allogeni nelle attività edilizie promosse dal nuovo potere feudale. Le analisi sono tuttora in corso e comprenderanno anche lo studio delle due calcare; esse intendono verificare la composizione delle malte impiegate nelle costruzioni e le modalità di fabbricazione delle stesse sul lungo periodo della storia del sito, al fine di delineare meglio le caratteristiche dei diversi gruppi di campioni, distinguendo quelli che individuano pratiche "tradizionali" di lavorazione, proprie del contesto locale, da quelle che appaiono spia di saperi e prassi artigianali estranei al territorio.

Built landscape and production cycles for construction in the settlement of Montecorvino on the Monti Dauni (11th-15th century)

Montecorvino, an abandoned medieval town in the Monti Dauni, is the subject of field research since 2006 by the Department of Humanities of the University of Foggia, to which, from 2021, the Department of Humanistic Research and Innovation of the University of Bari has been added. Other research institutions collaborate on the project: University of Salento for archaeobotanical investigations; Dip. of Earth and Geoenvironmental Sciences of the University of Bari for the archaeometric analysis of mortars and ceramics; Ludwig Maximilian Universität of München and the Max Planck Institute of Hyena for isotope analysis on anthropological and archaeozoological remains; University of Camerino for the extraction of ancient DNA. The site was founded in the first decades of the 11th century, as part of the project to strengthen the Byzantine frontier against the Lombards of Benevento; of this walled *kastron*, which soon became the seat of a diocese, only few remains have been found at the moment. In the phase of the topographic reorganization that followed the Norman conquest (2nd half 11th- early 12th century) the seat of civil and military power occupied the western area of the settlement, where a high quadrangular tower was built on an embankment, surrounded by a moat, while in the central urban sector the religious power started an important construction site of expansion and reconstruction of the first nucleus of the cathedral, already made in the Byzantine age. Subsequently, in the Swabian age (first half of the 13th century) the castral pole was articulated with the construction of a second tower, pentagonal, and the wall that enclosed the top of the hill. In the second half of the century this area was transformed into a fortress with the erection of a series of functional buildings and a chapel. At the same time the cathedral sector developed further with the construction of an episcopal palace. Geophysical investigations and some excavations show that the site was surrounded by walls protected perhaps by a moat and that the town occupy the area between castrum and bishopric in a very dense way, extending also to the east of the cathedral.

The site declined starting from the 15th century; activities of dismantling of the buildings located on the fortress is indicated by the small late medieval lime kiln found at its summit. In 2021 another lime kiln (3 m in diameter) was found at the foot of the fortress; the plant is still being excavated and its chronological location is still to be defined.

On the site, a large sampling of mortars was taken from the walls of the various phases. At the moment the archaeometric analyzes, conducted by prof. Giacomo Eramo from the University of Bari, focused in particular on the mortars used for the construction of the quadrangular tower and some buildings in the fortress.

In particular, the examination of the samples relating to the tower revealed the use of a lime with hydraulic properties, obtained with marly limestone and an extinguishing of the same lime in the mixing phase (hot lime mortar), typical of the regions of Northern Europe, perhaps a sign, together with other archaeological indicators, of an involvement of foreign constructive knowledge in the building activities promoted by the new feudal power. The analyzes are still in progress and will also include the study of the two kilns; they intend to verify the composition of the mortars used in the constructions and the methods of manufacture of the same over the long period of the site's history, in order to better outline the characteristics of the different groups of samples, distinguishing those that identify "traditional" processing practices, typical of the local context, from those that appear to be a spy of artisan knowledge and practices foreign to the territory.

Le malte a calce nella Fortezza di Lucera (Foggia, XIII-XIV secolo)

Italo Maria Muntoni¹, Giacomo Eramo², Domenico Oione¹

¹Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Barletta-Andria-Trani e Foggia

²Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università di Bari “Aldo Moro”, Bari

Keywords: calce, malte, intonaci, idraulicità, Puglia, petrografia, SEM-EDS, XRPD, XRF

La rete normanno-sveva di castelli costruiti tra l'XI e il XIII secolo nell'Italia meridionale rappresenta una risorsa importante per comprendere l'evoluzione delle tecniche costruttive nel tardo Medioevo in funzione dei geomateriali locali. La Fortezza svevo-angioina di Lucera (Foggia, XIII-XIV secolo) in particolare è un nodo molto importante di questa rete, grazie alla sua stratificazione costruttiva. È un complesso monumentale che domina la pianura del Tavoliere verso i Monti della Daunia, con forti valenze paesaggistiche e storiche, e che ha conosciuto una articolata successione di fasi di frequentazione.

Il presente contributo mette a confronto campioni di malte a calce prelevati da strutture presunte sveve (palatium federiciano) e angioine (cinta muraria e casoni) da un punto di vista petrografico, mineralogico e chimico. Le differenze composizionali e tecnologiche hanno messo in evidenza una maggiore complessità nella stratigrafia del costruito e distinto le diverse fasi costruttive. È stato osservato un uso diversificato di aggregato (argilla sabbiosa, cocciopesto, ecc.) in calce aerea di varia qualità. Il rapporto legante/aggregato (L/A) nelle malte tende ad aumentare nelle unità stratigrafiche svevo-angioine, rispetto a quelle di costruzione sveva.

Progetto MImeSIS. Sviluppo di malte a NHL sensorizzate ed ecosostenibili per il costruito storico

Michele Macchiarola, Francesca d'Aniello
CNR-ISTEC, Faenza.

Il progetto regionale POR FESR Emilia-Romagna “MImeSIS”, recentemente conclusosi, mirava a monitorare il degrado del patrimonio edilizio storico, composto principalmente da edifici in muratura realizzati con materiali tradizionali, attraverso la creazione di sistemi intelligenti di materiali integrati da sensori in grado di misurare in maniera continua specifici parametri predittivi del degrado.

Uno dei compiti principali del CNR-ISTEC, partner del Progetto, è stato quello di formulare e realizzare malte smart a NHL per allettamento e intonaco compatibili con i materiali del patrimonio costruito, ingegnerizzate in base alla funzione di restauro da assolvere ed ecosostenibili; malte con un'elevata durabilità e adatte a ospitare la sensoristica dedicata alla misurazione del pH e del contenuto in cloruri. Per raggiungere questi scopi si è partiti dalla scelta delle materie prime e dalla loro caratterizzazione, per poi realizzare le formulazioni che potessero rispondere al meglio alle funzioni e proprietà richieste. Non sono stati usati additivi organici di sintesi, ma solo prodotti a bassissima emissione di composti organici volatili (VOC). A questo proposito sono state utilizzate fibre di canapa negli intonaci per ottenere buone condizioni termo-igrometriche in modo sostenibile. Sono stati realizzati numerosi provini con diversi rapporti tra i vari componenti scelti. Per arrivare alla composizione definitiva della malta di allettamento e dell'intonaco, le migliori miscele individuate sono state sottoposte a prove fisiche e meccaniche secondo le norme EN e UNI. È stato quindi realizzato e validato (attendibilità della misura e durabilità del sistema) a scala di laboratorio il sistema malta/sensori, utilizzando un campione dell'intonaco selezionato (20x15x3,5 cm), su cui sono stati inseriti tre sensori per la misurazione del pH e altrettanti per la determinazione del contenuto in cloruri. Il sistema immerso dapprima per circa due mesi in una soluzione 1 molare di cloruro di sodio e successivamente per tre mesi in una soluzione 5 molare sempre di cloruro di sodio, ha superato brillantemente la prova sia per la sensoristica, rivelatesi particolarmente precisa e robusta, sia per quanto riguarda l'intonaco, che non ha subito alcun danno anche in seguito alla abbondante cristallizzazione di sali al suo interno e in superficie.

Infine è stato realizzato un prototipo di muratura storica decorata con un mosaico pavimentale e un affresco sulla muratura interna. I sensori sono stati applicati con successo a malte di allettamento e all'intonaco esterno del manufatto, ciò per testare il sistema ad una scala più grande, molto vicina a quella reale.

Questo progetto che può essere considerato un esempio di conservazione del costruito storico, che affronta la sfida di garantire sostenibilità ambientale, risparmio energetico, comfort e benessere, dimostra che le malte a calce ulteriormente "potenziate" dalla sensoristica sono prodotti chiave su cui investire per la ricerca nel campo della conservazione e recupero del costruito storico. Malte che per le loro caratteristiche composizionali e prestazionali, oltre che per la loro estrema versatilità, possono trovare sicuro successo anche nella cosiddetta edilizia di qualità, che va ben oltre il concetto e i parametri della bio-edilizia.

The recently concluded POR FESR Emilia-Romagna "MImeSIS" regional project aimed to monitor the deterioration of the historical building heritage, mainly composed of buildings made with traditional materials, through the creation of sensor-integrated material smart systems capable of continuously measuring specific predictive parameters of deterioration.

One of the main tasks of the CNR-ISTEC, partner of the Project, was to formulate and to manufacture smart NHL mortars for bedding and plaster compatible with the materials of the built heritage, engineered according to the restoration function to be performed and eco-sustainable; mortars with high durability and suitable for hosting sensors dedicated to the detection of pH values and to the measurement of the chloride content. To achieve these goals, we started from the choice of raw materials and their characterization, to then create the formulations that could best respond to the required functions and properties. No synthetic organic additives were used, but only products with very low emission of volatile organic compounds (VOC). In this regard, hemp fibers have been used in the plasters to achieve good thermo-hygrometric conditions in a sustainable way. Several specimens were made with different ratios between the various components chosen. To arrive at the final composition of the bedding mortar and plaster, the best mixtures identified were subjected to physical and mechanical tests according to EN and UNI standards.

The mortar / sensor system was then manufactured and validated (reliability of the measurement and durability of the system) on a laboratory scale, using a specimen of the selected plaster (20x15x3.5 cm) in which three sensors were inserted for measuring the pH and as many for the determination of the chloride content. The system first immersed for about two months in a 1 molar solution of sodium chloride and then for three months in a 5 molar solution of sodium chloride, has brilliantly passed the test both as sensors, which proved to be particularly precise and robust, and for as regards the plaster, which has not suffered any damage even as a result of the abundant crystallization of salts inside and on the surface.

Finally, a prototype of historical masonry was built, decorated with a floor mosaic and a fresco on the internal wall. The sensors have been successfully applied to bedding mortars and external plaster of this structure, put in place to test them even at a larger scale, very close to the real one.

This project, which can be considered an example of conservation of historical buildings, that faces the challenge of guaranteeing environmental sustainability, energy saving, comfort and well-being, shows that lime mortars, further "enhanced" by sensors, are a key product in which to invest for the research in the field of conservation and recovery of historical buildings. Products that due to their compositional and performance characteristics, as well as their extreme versatility, can also find success in the so-called valuable building, which includes and exceeds the concept and parameters of green building.

Il calcestruzzo vegetale a base di cemento naturale

Alex Reggiani, Marco Cappellari

VICAT, L'Isle d'Abeau, Francia

Il calcestruzzo vegetale è una miscela composta da granulati provenienti dall'agricoltura (biomasse), un legante minerale naturale (idraulico) e dell'acqua.

Questa miscela permette di produrre prodotti sostenibili a basso impatto ambientale. Una vera soluzione costruttiva per l'edilizia sostenibile di domani. Oltre al loro interesse ambientale, i granulati vegetali presentano molteplici vantaggi tecnici, che portano un reale miglioramento del comfort abitativo.

Oggi il canapulo, è il granulato vegetale più utilizzato con oltre 25 anni di storia a livello di bio-edilizia, con diverse soluzioni industriali sviluppate in tutto il mondo. Altri granulati vegetali sono disponibili ed in fase di sviluppo, dando un impulso allo sviluppo di materiali sempre più locali.

Le soluzioni costruttive in calcestruzzo vegetale promuovono i settori agricoli, sono una fonte di innovazione per gli operatori edili e riducono l'impatto ambientale dell'edificio fornendo un migliore comfort abitativo. Questi nuovi bio-materiali si adattano a diverse modalità costruttive, ma anche alla ristrutturazione di edifici storici. Presentano diversi vantaggi, sono termicamente ed acusticamente efficienti, caratterizzati da un'ottima capacità igrometrica, non sono infiammabili, sono totalmente riciclabili e, non contenendo resine polimeriche, non producono composti organici volatili (VOC).

VICAT collabora con le società produttive (imprese di costruzioni, prefabbricatori ecc.) sia dal punto di vista dello sviluppo tecnico (R&D), ma anche nella promozione e prescrizione delle soluzioni in calcestruzzo vegetale, personalizzate a seconda delle diverse esigenze locali.

VICAT interviene nello sviluppo del prodotto, fornendo una consulenza nella formulazione del calcestruzzo vegetale (dosaggio del cemento naturale o in taglio con le calci, per rafforzarne le prestazioni e scelta del granulato vegetale locale, più ecosostenibile) e nelle varie fasi della produzione industriale (getti in situ o prefabbricazione).

The bio-based concrete with natural cement

Bio-based concrete is a mixture composed by aggregate from agriculture (biomasses), a natural mineral binder (hydraulic) and water.

This blend makes it possible to produce sustainable construction products with a low environmental impact. A real constructive solution for tomorrow's sustainable construction goals. In addition to their environmental interest, vegetal aggregates have multiple technical advantages that bring a real enhancement in the living comfort.

Today hemp shive is the most widely used vegetal aggregate with over 25 years of history in bio-construction, with various industrial products developed all over the world. Other vegetal aggregates are in development, which is giving impetus to the development of more and more local solutions.

Construction solutions with bio-based concrete promote agricultural sectors, are a source of innovation for construction operators and reduce the environmental impact of the building providing enhancement about living comfort. These new solutions adapt to different construction methods but also to the renovation of historic buildings. They have several advantages, they are thermally and acoustically efficient, characterized by an excellent hygrometric capability, they are non-flammable, totally recyclable and being polymer resin free they don't release organic volatile compounds (VOCs).

VICAT collaborates with manufacturing companies (building companies, precasting companies and so on) in their technical development (R&D), but also in the promotion and prescription of vegetable concrete solutions, customized depending different local needs.

VICAT advises in product development, providing consulting about the formulation of vegetable concrete (dosage of natural cement binder or cut with limes, to reinforce the performances and the choice of local vegetal aggregate, the most eco-sustainable) and in the various steps of industrial production (casting in situ or precasting).

“Carcare” and kilns for the production of lime in Puglia. Historic sites and production cycles

Antonio Monte

Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (CNR-ISPC), Sede di Lecce

In Puglia there were numerous kilns for the production of lime which in the jargon were called “carcare”; they represent the first methods of lime production. Thanks to the mining activity (which was practiced in numerous centers of Puglia), favored by the peculiar geological conformation rich in limestone deposits, and to the stringent demand for building products, lime production considerably increases; hence the need to build kilns that transformed limestone into lime. The lime stone was calcined by means of a “country carcara” for cooking in stacks. Over the years, the cooking system slowly improved by creating real intermittent furnaces (“carcara”) consisting of a stone structure partially buried and completely above ground. Around 1950, a slow phase of decline begins due to the birth of brick kilns which provide for continuous cooking cycles and a mechanization of the production system; the “Villanova ovens” or “vat ovens” or “bottiglione ovens” spread throughout the territory.

“Carcare” e fornaci per la produzione della calce in Puglia. Siti e cicli produttivi storici

In Puglia erano presenti numerose fornaci per la produzione della calce che in gergo venivano chiamate “carcare”; esse rappresentano i primi metodi di produzione della calce. Grazie all’attività estrattiva (che si praticava in numerosi centri della Puglia), favorita dalla peculiare conformazione geologica ricca di giacimenti calcarei, e alla stringente domanda di prodotti per l’edilizia, aumenta considerevolmente la produzione della calce; da qui la necessità di costruire fornaci che trasformavano la pietra calcarea in calce.

La pietra da calce si calcinava a mezzo di una “carcara di campagna” per la cottura in cataste. Nel corso degli anni il sistema di cottura si perfezionò lentamente realizzando dei veri e propri forni (“carcare”) intermittenti costituiti da una struttura lapidea parzialmente interrata e completamente fuori terra.

Verso il 1950 circa, inizia una lenta fase di calo dovuta alla nascita delle fornaci in muratura che prevedono dei cicli continui di cottura ed una meccanizzazione del sistema produttivo; sul territorio si diffondono i “forni Villanova” o “forni a tino” o “forni a bottiglione”.

Use of lime in restoration of mosaics from *Felix Romuliana* – Gamzigrad

Maja Živić¹, Maja Franković², Nemanja Smičiklas³

¹National Museum Zaječar (Serbia)

²National Museum in Belgrade

³Institute for the Protection of Cultural Monuments of Serbia - Belgrade

The site Gamzigrad - Romuliana is situated in Eastern Serbia, near the city of Zaječar. It was built by Emperor Caius Valerius Galerius Maximianus in his birth place, in the late 3rd and the beginning of the 4th century A. D. *Felix Romuliana* Palatial complex, named after the Emperor’s mother Romula, consists of a fortified palace and a sacral-memorial complex on Magura hill. The complex is a unique testimony of the Roman architectonic tradition pervaded by the ideological programme of the Second Tetrarchy and Galerius himself as its builder. The spatial and visual relationships between the palace and the memorial complex,

where the mausoleums of the Emperor and his mother Romula are located, are unique. Based on these criteria, *Felix Romuliana* has been inscribed at the UNESCO's World Heritage Sites list since 2007.

In order to preserve and present the site, conservation-restoration campaigns followed systematic archaeological excavations, starting from 1953. On the site, mosaics were lifted and imbedded in concrete bedding layer. Already after a decade shortcomings of this technique became obvious – cracking, detachment and loss of tesserae signaled that this approach could soon lead to the total loss of mosaics. In following years, more sustainable solution was employed, intermediate layer made of slaked lime, white cement and “opalska breča” (puzzolan earth from Northern Macedonia). Mosaics were lifted one more time and relayed on this intermediate layer which to this day presents good results. Movable panel with figural representation of Dionysius was also restored in this manner in 1969 and presented in the National Museum in Zaječar. Its recent de-restoration in order to put it on lightweight honeycomb support proved that the lime based intermediate layer was easily reversible and provided good protection of the fragile glass tesserae. De-restoration of the Dionysius mosaic was done in the frame of Serbo-Italian cooperation between National Museum in Belgrade, National Museum Zaječar and ISCR in Rome in 2008. Similar technique of lime-puzzolan intermediate layer was employed, replacing backing with the lightweight materials to facilitate transport and handling, since this representative mosaic is occasionally loaned for exhibitions.

Super-fluid slurry “MIKROSANA” for the consolidation of historical structures: compatibility, mechanical properties, case history

Roberto Rosignoli, Michele Gadioli
AZICHEM Srl, Goito (MN)

Durability of the historic buildings is influenced by many factors, including the compatibility of the restoration materials used as repair and consolidation systems. Super-fluid slurries are frequently used for masonry consolidation in historical structures. The technique of super-fluid slurries involves the injection of the slurry through small tubes (or injectors) previously placed in a series of drilled holes. In the historical structures, especially in rubble masonry, amount of injected slurries may be quite considerable, therefore special attention should be paid on compatibility between slurries and ancient materials.

Cement based slurries have proven to be poorly compatible, both in terms of mechanical properties and as regards chemical compatibility. Ion mobilized, salt efflorescence and excessive rigidity of cement based slurries are often cause of serious damages.

MIKROSANA is a super-fluid slurry, volumetrically-stable, with high resistance to soluble salts, based on natural hydraulic lime, microsilica with pozzolanic effect and slight amount of additives (shrinkage reducing agent, water retainer and rheological modifiers). MIKROSANA slurry, because of this substantially mineral composition and cement free, allows the perfect compatibility with historical materials and well-balanced consolidation with low heat of hydration and low value of thermal conductivity. In this note physical-mechanical properties of MIKROSANA and case history of application in very important Italian historical buildings, are shown and explained.

Boiaccia superfluida “MIKROSANA” per il consolidamento di strutture storiche: compatibilità, proprietà meccaniche, casi di studio

La durabilità delle costruzioni storiche è influenzata da molti fattori, inclusa la compatibilità dei materiali da restauro che sono utilizzati nei sistemi di riparazione e di consolidamento. Le boiacche superfluide sono spesso utilizzate per il consolidamento di apparecchiature murarie nelle strutture antiche. La tecnica delle boiacche superfluide prevede l'iniezione della boiaccia attraverso tubicini (o iniettori) preventivamente

posizionati in una serie di fori eseguiti con tecnica a rotazione. Nelle strutture storiche, ed in special modo nelle murature a sacco, I quantitative di boiaccia consolidante possono essere considerevoli, quindi un'attenzione particolare dovrebbe essere posta sulla compatibilità fra la boiaccia e i materiali originari.

E' stato dimostrato che boiacche a base cementizia sono spesso scarsamente compatibili, sia in termini di proprietà meccaniche, sia per quanto riguarda la compatibilità chimica. La mobilizzazione di sali solubili, le efflorescenze saline e un'eccessiva rigidità delle boiacche a base cemento sono spesso causa di seri danneggiamenti.

MOKROSANA è una boiaccia super fluida, volumetricamente stabile, con alta resistenza ai sali solubili, basata su calce idraulica naturale, microsilici ad effetto pozzolanico e leggere aggiunte di additivi (SRA, ritentori d'acqua e modificatori reologici). La boiaccia MIKROSANA, a causa della sua composizione sostanzialmente minerale, priva di cemento, permette una compatibilità perfetta con i materiali storici e un consolidamento ben bilanciato, con bassi valori di conducibilità termica e bassissimo calore di idratazione. In questa nota sono spiegate e illustrate le proprietà fisico-meccaniche del MIKROSANA e casi di studio su alcune costruzioni storiche molto importanti nel panorama.

The characterization of pigments of wall painting at Pompeii: the results of two case studies

Domenico Miriello, Raffaella De Luca

Department of Biology, Ecology and Earth Science, University of Calabria, Rende (CS), Italy

This work shows the results of two studies performed on Pompeian wall paintings through the use of non-destructive multi-analytical approaches. Objects of study are: some wall painting fragments found inside an ancient pavement in Via di Mercurio (Regio VI) (Miriello et al. 2018) and two mural paintings located in the "House of Garden" (Regio V) (Miriello et al. 2021).

In 2015, during the excavations of Via di Mercurio (Regio VI, 9, 3) in Pompeii, some red, green, black and brown wall painting fragments were found inside the preparatory layer of an ancient pavement, as coarse aggregate. These fragments, exceptionally well preserved, were protected from the high temperatures produced by the eruption in 79 AD, for this reason they represent a "faithful picture" of the various pigments used in Pompeii before the eruption. Their analyses, performed by combining different non-destructive analytical techniques (spectrophotometric colorimetry; portable X-ray fluorescence and micro-Raman spectroscopy), allowed us to obtain an exhaustive characterization of the mineral pigments. For the red wall painting fragment it was highlighted the use of hematite, confirming that the red color is original and not due to mineralogical transformation from goethite to hematite, caused by high temperatures of the eruption (Pomiès et al. 1999; Omarini, 2012). The results of the analyses carried out on the green fragments revealed the presence of cuprorivaite, goethite and celadonite, confirming that the green pigment was obtained by mixing Egyptian blue and yellow ochre with "green earths" (celadonite) to enhance its color brilliance (Aliatis et al., 2009). The characterization of the brown fragment detected the presence of goethite, while the presence of powdered charcoal was identified in the black pigment and in the green pigment to create darker shades.

The second case study concerns two mural painting located in the "House of Garden", recently excavated in the Regio V of Pompeii. The first one is a large-scale scene that shows Venus with a male figure (Paris or Adonis) and Eros, while the second one is a female portrait, perhaps depicting the *domina* of the house. The analyses were carried out *in situ*, using a new non-destructive methodology based on the acquisition of good-resolution visible images and chemical information obtained by portable X-ray fluorescence. All data were statistically combined using a computer program, named SmART_scan, in order to obtain distribution maps of the elements, or compounds, on the paintings (Martin-Ramos and Chiari, 2019). This new approach allowed us to identify the various pigments used and to determine the presence of degradation products, such

as soluble salts and a violet-black discoloration that, in the first painting, has modified some of the original colors, producing substantial changes in the interpretation of the figures.

Reference

- Aliatis I., Bersani D., Campani E., Casoli A., Lottici P.P., Mantovan S., Marino I.G., Ospitali F. Green pigments of the Pompeian artists' palette. 2009. *Spectrochimica Acta A* 73, 532–538.
- Miriello D., Bloise A., Crisci G.M., De Luca R., De Nigris B., Martellone A., Osanna M., Pace R., Pecci A., Ruggieri N. 2018. Non-Destructive Multi-Analytical Approach to Study the Pigments of Wall Painting Fragments Reused in Mortars from the Archaeological Site of Pompeii (Italy). *Minerals* 8(4), 134.
- Miriello D., De Luca R., Bloise A., Niceforo G., Martin-Ramos J.D., Martellone A., De Nigris B., Osanna M., Chiari G. 2021. Pigments Mapping On Two Mural Paintings Of The “House Of Garden” In Pompeii (Campania, Italy). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 21(1), 257-271.
- Omarini S. 2012. Notes on colours and pigments in the ancient world. *Journal of the International Colour Association* 8, 61.
- Pomiès M.P., Menu M., Vignaud C. 1999. Red palaeolithic pigments: Natural hematite or heated goethite? *Archaeometry* 41, 275–285.

La caratterizzazione dei pigmenti delle pitture murali a Pompei: i risultati di due casi studio

Domenico Miriello, Raffaella De Luca

Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra, Università della Calabria, Rende (CS)

Il presente lavoro mostra i risultati di due studi condotti su pitture murali pompeiane attraverso l'uso di un approccio multi-analitico non distruttivo. Oggetto di studio sono alcuni frammenti di pitture murali rinvenuti all'interno di un antico pavimento in Via di Mercurio (Regio VI) (Miriello et al. 2018) e due dipinti murali situati nella “Casa del Giardino” (Regio V) (Miriello et al. 2021).

Nel 2015, durante gli scavi in Via di Mercurio (Regio VI, 9, 3) a Pompei, sono stati ritrovati alcuni frammenti di pitture murali di colore rosso, verde, nero e marrone utilizzati come aggregato grossolano all'interno dello strato preparatorio di un antico pavimento. Questi frammenti, eccezionalmente ben preservati, sono stati protetti dalle alte temperature prodotte durante l'eruzione del 79 d.C. e, per tale motivo, rappresentano un “quadro fedele” dei vari pigmenti utilizzati a Pompei prima dell'eruzione. Le analisi condotte su tali frammenti, ed eseguite combinando diverse tecniche analitiche non distruttive (colorimetria spettrofotometrica; fluorescenza a raggi X portatile e spettroscopia micro-Raman), hanno permesso di ottenere una caratterizzazione completa dei pigmenti utilizzati. Per il frammento di colore rosso è stato evidenziato l'uso dell'ematite, a conferma che tale colore è originale e non dovuto alla trasformazione mineralogica da goethite ad ematite, causata dalle alte temperature dell'eruzione (Pomiès et al. 1999; Omarini, 2012). I risultati delle analisi effettuate sui frammenti verdi hanno evidenziato, invece, la presenza di cuprorivaite, goethite e celadonite, a conferma che tale pigmento è stato ottenuto miscelando Blu Egizio, ocre gialla e “terre verdi” (celadonite) utilizzate per esaltare la brillantezza del colore (Aliatis et al., 2009). La caratterizzazione del frammento marrone ha rilevato la presenza di goethite, mentre all'interno del pigmento nero e del pigmento verde è stata individuata la presenza di polvere di carbone utilizzata, nel caso del colore verde, per creare sfumature più scure.

Il secondo caso studio riguarda due dipinti murali collocati nella “Casa del Giardino”, recentemente scavata nella Regio V di Pompei. Il primo dipinto è una scena di grandi dimensioni che mostra Venere con una figura maschile (Paride o Adone) ed Eros, mentre il secondo è un ritratto femminile, raffigurante molto probabilmente la padrona della casa. Le analisi sono state eseguite in situ, utilizzando una nuova metodologia non distruttiva basata sull'acquisizione di immagini visibili ad alta risoluzione e di informazioni chimiche ottenute mediante fluorescenza a raggi X portatile. Tutti i dati sono stati combinati statisticamente utilizzando un programma, denominato SmART_scan, al fine di ottenere mappe di distribuzione degli

elementi, o di composti, sui dipinti (Martin-Ramos e Chiari, 2019). Questo nuovo approccio ha permesso di identificare i vari pigmenti utilizzati e di determinare la presenza di prodotti di degradazione come i sali solubili e una decolorazione nero-violacea che, nella prima pittura murale, ha modificato alcuni dei colori originari producendo sostanziali variazioni nell'interpretazione delle figure.

Riferimenti bibliografici

- Aliatis I., Bersani D., Campani E., Casoli A., Lottici P.P., Mantovan S., Marino I.G., Ospitali F. Green pigments of the Pompeian artists' palette. 2009. *Spectrochimica Acta A* 73, 532–538.
- Miriello D., Bloise A., Crisci G.M., De Luca R., De Nigris B., Martellone A., Osanna M., Pace R., Pecci A., Ruggieri N. 2018. Non-Destructive Multi-Analytical Approach to Study the Pigments of Wall Painting Fragments Reused in Mortars from the Archaeological Site of Pompeii (Italy). *Minerals* 8(4), 134.
- Miriello D., De Luca R., Bloise A., Niceforo G., Martin-Ramos J.D., Martellone A., De Nigris B., Osanna M., Chiari G. 2021. Pigments Mapping On Two Mural Paintings Of The “House Of Garden” In Pompeii (Campania, Italy). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 21(1), 257-271.
- Omarini S. 2012. Notes on colours and pigments in the ancient world. *Journal of the International Colour Association* 8, 61.
- Pomiès M.P., Menu M., Vignaud C. 1999. Red palaeolithic pigments: Natural hematite or heated goethite? *Archaeometry* 41, 275–285.

Influence of application methods and surface pre-wetting on the consolidation effectiveness of nanolime in fine and coarse grained limestone

Cyril Maucourant, Fin O'Flaherty

Materials and Engineering Research Institute, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK

Keywords: Nanolime, limestone, stone consolidation

This work focuses on the influence of different treatment methods on the performance of nanolime as a consolidation material for deteriorating limestone. Two commercial nanolime dispersions (CalosiL[®] E5 and Nanorestore[®] E5) were applied on fine and coarse-grained limestones with porosities ranging from 11% to 24. The limestone samples were provided by the British Museum and the Cathedral of Canterbury. Following petro-graphical, physical, chemical, and mechanical characterisation, the samples were pre-wetted using the following techniques:

1. Conditioning the samples in Industrial Methylated Spirit (IMS) atmosphere.
2. Conditioning the samples in a sealed air-tight box using an ultrasonic humidifier filled with mixes of IMS and de-ionised water at different ratios.
3. Brushing the surface of the samples with mixes of IMS and de-ionised water at different ratios. The same mixes were also introduced into the matrix by capillarity absorption.
4. Pre-wetting the surface with a steam cleaner filled with de-ionised water.

Upon completion of the pre-wetting, the nanolime was applied over the surface using a conventional technique (i.e. by spraying, brushing, and pipetting in an airtight environment) as a mix in gels and poultice, or soaked in a medical gauze pad. In addition to these methods, a gradual application of the nanolime using a Karsten tube and a medical drip system was also considered. The penetration of the nanolime was assessed at 24h after the application by means of a phenolphthalein indicator (1% W/V in 60% of IMS and 40% of water), and the consolidation effectiveness was evaluated by means of a Drilling Resistance Measurement System two months after the application of the treatment. Results showed that pre-wetting the sample with a combination of steam cleaning and ultrasonic air humidification prior the application of the nanolime, tends to increase its penetration and the drilling resistance. Results also suggests that there is not one optimal

method of application and depending on the condition of the object and the type and extent of damage(s) affecting it, the conservator should choose the method deemed the most appropriate.

Use of carbonate forming consolidants in interventions on wall paintings and carbonate stones in Slovenia

Marta Bensa¹, Nina Žbona¹, Vlasta Čobal Sedmak¹, Andrej Jazbec¹, Anka Batič¹, Anita Kavčič Klančar¹, Sabina Kramar², Špela Govže¹, Luka Škrlep², Andreja Pondelak², Martina Lesar Kikelj¹

¹Institute for the Protection of Cultural Heritage of Slovenia, Restoration Centre and Regional Units, Ljubljana, Slovenia

²Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Ljubljana, Slovenia

The year 2000 represented a milestone in the development of conservation-restoration interventions of porous materials in Slovenia, first in the field of wall paintings and mosaics, then extended also in stone and stucco. At that time, a rather closed Slovenian field, accustomed to traditional methods, was introduced to newer systems of conservation-restoration of porous materials, especially wall paintings, such as methods of cleaning and consolidation with inorganic materials. During the project of restoration of Baroque wall paintings by Giulio Quaglio in the Cathedral of St. Nicholas Cathedral in Ljubljana, with the help of foreign restorers, the method of ammonium carbonate was used for the first time, while it had been used abroad decades before. In the next restoration projects, we aimed at fundamental methodological changes and also achieved this by gradually replacing the organic substances with compatible inorganic materials, which are an alternative and a better choice compared to the methods of organic polymer products. To achieve results, we started systematic introduction of the new materials and methods into practice and organized additional educational programs such as lectures, scientific symposia, and national and international workshops. The development and use of nanoparticles of calcium hydroxide and inorganic materials has greatly influenced the development of restoration –conservation practice in Slovenia. During the restoration of Matevž Langus severely damaged wall paintings in the Franciscan Church of the Annunciation in Ljubljana, the first international workshop was held in 2007, which focused on the technique of consolidating wall paintings with nanoparticles and the methodology of using ammonium carbonate and barium hydroxide. It was presented by Luigi Dei, then Professor of Chemistry and Physics at the Faculty of Chemistry CSGI in University of Florence, and by Sabino Giovannoni, then restorer at the Opificio Delle Pitere Dure in Florence. The introduction of new processes for the consolidation of wall paintings with nano-lime in combination with ammonium carbonate methods proved to be an excellent solution. In 2013, the German lime product line Calosil (Dr. Gerald Ziegenbalg) was introduced. In both cases, we implemented consolidation with nano-limes into a standard repertoire of conservation-restoration procedures on wall paintings, afterwards also on other cultural heritage materials, mainly stucco. After a workshop on the use of barium hydroxide for the conservation of wall paintings given by Claudia Ragazzoni in 2018 on the facade of the Church of the Nativity of the Virgin Mary in Polce, we tested in Slovenia the Ferroni-Dini method - already known but little used. Trainings followed on methods of consolidation of wall paintings and carbonate stone elements with ammonium oxalate and ammonium phosphate, which can be combined with methods using barium hydroxide and etylsilicate (workshop in the Church of St. Judoc in Šentjošt was led by Mauro Matteini and Alberto Felici in 2019). The procedures of the new methods were accompanied by several studies to verify the effectiveness of different means of consolidation. We used the method of measuring the velocity of ultrasound propagation through the material, we investigated the surface hardness and calculated the depth of consolidation with drilling resistance measurement system (DRMS), while the colour differences were assessed using spectrophotometry. In collaboration with the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute (ZAG), we developed new materials that we use in the field of restoration-conservation. Within the European project HEROMAT (Protection of cultural heritage objects

with multifunctional advanced materials) a patented consolidant based on calcium acetoacetate (CFW) was developed. The advantage of the new consolidant compared to commercially available consolidants lies in the soluble calcium compounds, which can penetrate deeper into historic materials where it transforms into carbonate. Several studies show certain differences in color, hardness and penetration depth between the different consolidants. The newly developed CFW shows better results in terms of deeper penetration into degraded materials without whitening of the surface of the wall paintings. Good results with CFW have also been achieved in the consolidation of outdoor sculptures.

While we are using new materials and restoration methods, the papers, lectures and educational programs are proof that we are moving in the right direction. But we are not at the end of the road, as the field of consolidation of inorganic materials and nano-lime technology has not yet been fully explored.

La geologia dei territori e la natura delle malte antiche

Fabio Fratini

CNR-ISPC Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, sede di Firenze

Sono ormai decenni che, nell'ambito degli interventi di restauro monumentale e dell'edilizia storica, si pone grande attenzione alla conservazione della materia che costituisce l'opera stessa. Tale attenzione è però limitata quasi esclusivamente ai materiali lapidei naturali, "le pietre". Tale mancanza di attenzione, di interesse per questi materiali può trovare spiegazione nell'aspetto dimesso, non nobile, della materia di cui sono costituiti, nel fatto che sono un mezzo per realizzare una costruzione (come le malte di allettamento) o dei mezzi di protezione, di sacrificio (come gli intonaci). Ma a questa mancanza di attenzione contribuisce l'ignoranza, da parte degli operatori, sulla quantità di informazioni che questi materiali possono fornire.

In effetti le malte sono materiali "litoidi", in quanto derivano dai materiali litici, e sono molto simili ad alcune rocce sedimentarie come le calcareniti in quanto costituite da una frazione legante, un aggregato ed eventuali additivi. Il loro studio archeometrico ci parla delle materie prime utilizzate, della tecnologia di realizzazione, della loro evoluzione nel tempo. Una loro asportazione o il nascondersi al di sotto di nuovi strati di materia ha conseguenze ben più gravi della semplice sostituzione di un paramento in pietra perché quest'ultimo non porta in sé la quantità di informazioni che invece sono presenti in un materiale completamente realizzato dall'uomo e non semplicemente estratto, sagomato e scolpito. In ultima istanza si arriva alla perdita di identità dell'opera architettonica. Ad esempio a volte resta l'immagine ma viene persa la natura costitutiva dell'opera come quando vengono asportati e/o sigillati i giunti di allettamento (fra l'altro tale operazione, quando si utilizzano i moderni leganti idraulici, può provocare irrimediabili danni estetici e meccanici ai conci lapidei). Altre volte viene persa anche l'immagine e qui ci riferiamo al rifacimento completo di facciate intonacate e alla loro ridipintura con prodotti filmogeni con il risultato, anche in questo caso, di gravissimi danni estetici e di perdita di informazioni sulla cultura materiale.

Il contributo che sarà presentato illustrerà, attraverso casi di studio del territorio italiano e della sponda sud del Mediterraneo, la stretta relazione che nel passato è esistita, pur con alcune eccezioni, tra materie prime locali e confezionamento delle malte utilizzate rendendo "uniche" le architetture di ogni territorio, frutto di particolari "culture materiali". Purtroppo nell'architettura del '900 e contemporanea si è assistito ad una completa omologazione dei materiali utilizzati (malte, materiali lapidei, legno ecc.). La sfida che noi ci auspichiamo è quella di essere capaci di dare nuovamente valore a queste differenze territoriali realizzando manufatti/restauri durevoli, esteticamente accettabili e differenti per le diverse regioni.

Bibliografia

Mannoni T. (2000) "Le malte viste dall'archeologo del costruito", *Scienze e Beni Culturali*, rivista quadrimestrale del Convegno di Studi di Bressanone, annata IV, no 213, anno 2000, (2002), 9-16, Editore Arcadia Ricerche srl.