

**I CALCHI SCIENTIFICI PER LA CONSERVAZIONE  
E LA FRUIZIONE DEI REPERTI PALEONTOLOGICI.  
LE COLLEZIONI DELL'APAT: POSSIBILI INTERVENTI**

**Dott.<sup>ssa</sup> Eva Sacchi**

**Tutor: Dott. Francesco Angelelli**

**PREFAZIONE**

## **RIASSUNTO**

### **I calchi scientifici per la conservazione e la fruizione dei reperti paleontologici.**

#### **Le collezioni dell'APAT: possibili interventi**

Le collezioni paleontologiche sono, in generale, a rischio a causa di una non corretta ed adeguata conservazione o per la mancanza di uno spazio apposito, non solo per l'esposizione e fruizione, quanto per il monitoraggio il restauro e la salvaguardia dei materiali stessi. Una soluzione d'emergenza al rischio di perdita dei reperti può essere, senza dubbio, la realizzazione al più presto di calchi scientifici. Tali calchi non solo possono evitare un danno irreparabile a livello scientifico, ma permetterebbero una più semplice fruizione del dato paleontologico. Il calco, infatti, se realizzato correttamente, può sostituire, anche da un punto di vista dello studio, il pezzo originale. La realizzazione di copie libererebbe inoltre le autorità responsabili dall'annoso e costoso problema (assicurazione del materiale, mobilitazione del personale, responsabilità oggettiva del curatore, imprevisti, furti, ecc.) del prestito di materiale prezioso e insostituibile a musei o mostre che lo richiedano, prassi questa piuttosto comune e a cui è buona norma non sottrarsi.

Scopo del lavoro era quello di compiere un piccolo ma fondamentale passo verso la realizzazione di calchi di tutti i reperti conservati nelle vetrine e nei magazzini dell'APAT, partendo dall'analisi di una importante parte del materiale conservato: la collezione Curioni. L'analisi è stata mirata alla individuazione delle metodologie utilizzabili ed alle problematiche da affrontare per una eventuale opera di duplicazione dei reperti presi in considerazione. Il primo passo, tuttavia, è stato quello di approfondire il significato del calco nella ricerca scientifica e nei Musei Scientifici. I calchi scientifici sono infatti uno strumento indispensabile non solo per la conservazione del dato scientifico di un reperto e per mettere a disposizione degli studiosi il materiale paleontologico senza mettere a rischio gli originali, preziosi e frequentemente fragili, ma anche per rendere fruibile tale materiale in ambito museale.

Il lavoro è stato poi dedicato all'analisi delle componenti essenziali di un calco in particolare a quelle che nel gergo tecnico vengono indicati come negativo, madreforma e positivo. Ogni volta che ci si accinge a realizzare un calco è sempre indispensabile prestare la massima attenzione alla progettazione di tutti e tre questi componenti per la salvaguardia dell'originale e per la buona riuscita dell'opera.

Analizzate le componenti di un calco si è poi passati all'analisi dei materiali più comunemente utilizzati individuandone le caratteristiche tecniche, il loro utilizzo principale e le eventuali precauzioni da adottare nel caso di tossicità. Per assicurare la scientificità di un calco è però

necessario che questo sia una copia perfetta in ogni particolare e perché ciò avvenga e perché soprattutto il pezzo calcheggiato non subisca danni irreparabili è necessaria non solo una attenta analisi del pezzo da riprodurre, delle sue caratteristiche fisiche e del suo stato di conservazione, e una adeguata scelta dei materiali, ma anche una accurata progettazione dell'intera operazione di intervento. È necessario quindi conoscere tutte le possibili tecniche di replicazione. A questo punto il lavoro si incentra nell'analisi delle differenti tecniche partendo da lavori realmente effettuati e documentati. Sono stati così affrontati i metodi di realizzazione di calchi di superfici di piccole dimensioni, di superfici di grandi dimensioni, di fossili tridimensionali di piccole dimensioni, di fossili tridimensionali di grandi dimensioni e infine di un particolare tipo di calco definito monouso poiché utilizzabile una e soltanto una volta.

Acquisite tutte le conoscenze di base sull'importanza del calco da un punto di vista scientifico, divulgativo e didattico, sulle caratteristiche e potenzialità dei materiali, e sui metodi e problematiche ad essi associati, si è affrontato il problema reale dei reperti della collezione Curioni. Prima di prendere in considerazione i reperti originali si sono tuttavia analizzati alcuni calchi di tali reperti, realizzati più o meno una trentina di anni orsono. L'analisi dei calchi ci ha permesso di affrontare, anche se in maniera solo superficiale, un ultimo problema, quello della durata effettiva di un calco e dei suoi componenti legata in parte ai metodi di replicazione, in parte ai materiali utilizzati e in parte all'attenzione dedicata alla conservazione stessa dell'opera.

La speranza è che questo lavoro possa rappresentare un input per Musei, Istituti, Università e lo stesso APAT ad occuparsi in modo adeguato e continuativo del grande patrimonio di cui sembrano ignorare l'importanza e di cui sono i depositari di fronte alla Scienza.

## **ABSTRACT**

### **Scientific Casts for the Preservation and Study of the Paleontological Findings.**

#### **The APAT Collection: Possible Actions**

Paleontological collections are constantly at risk. This is generally due of an incorrect or inappropriate preservation of the items, but more importantly the danger might often be represented by a lack of dedicated space for display, of monitoring, restoration and care. The prompt implementation of scientific casts might be a solution, even though the risk of damaging the specimen is high. Scientific casts can help avoid irremediable damages to the specimen and at the same time allow easier usage of the paleontological data. A properly executed cast can in fact be used - even in scientific studies - as an acceptable substitute for the original specimen.

Casts of the specimens would also prove crucial in the lending of items to other museums and exhibitions, a very common practice which scientific institutions are usually very open to. Copies will free the authorities responsible for the care of the items from any problem related with this practice, such as insurance, use of personnel, responsibilities of the curators, unexpected events, theft and so on.

The purpose of the present work is to take a fundamental step towards the casting of all specimens contained in the display windows and APAT repository, starting with the analysis of an important portion of that materials - the Curioni's collection. The object of such analysis is the investigation of the most suitable methodologies, as well as the potential problems arising from the casting of the above-mentioned specimens. The first step has been an assessment of the role of casting in scientific studies and museums. Scientific casts are in fact indispensable tools. They are instrumental to the preservation of the scientific data, but also they provide researchers with paleontological materials without the risks involved in handling the precious and fragile original specimens. Not least they allow the scientific specimens to be safely displayed in a museum environment.

Subsequently we analysed the essential components of a cast, in particular those components that in technical terminology are called negative, mould and positive. Particular attention needs to be given to the planning of these three components, every time we are about to create a cast; in doing so we ensure a good final result as well as the best possible protection of the original specimen.

Once analysed the components of a cast, we moved on to examining the materials most commonly used, identifying technical aspects, main usage and – in case of toxic materials - any health and safety handling guidelines.

In order to have real scientific value, the cast must be an extremely truthful replica of the original piece - perfect in every detail. The way to achieve this level of perfection without irremediable damage to the specimen is to thoroughly assess the original piece, its physical characteristics and its preservation. Also particular attention needs to be paid to the choice of materials as well as to the most accurate planning of the whole casting operation. Therefore a comprehensive knowledge of all possible replication techniques is indispensable.

At this point our work focussed on analysing the different techniques, based on the examination of work previously carried out and well documented. We considered the process of creation of small-surface casts, large-surface casts, small-size three-dimensional fossils, large-size three-dimensional fossils, and also of a particular type of disposable cast that can only be used once.

So far we had gathered basic knowledge on the role of casting - from a scientific, didactic and educational points of view – as well as knowledge on the materials' qualities and their potential and on the methods and issues associated with them. Then we switched our focus on the real matter of the specimens included in the Curioni collection.

Before moving on to work on the original findings we examined some old casts of Curioni specimens made about 30 years ago. Although only briefly, such analysis allowed us to look into a further matter; the life-span of a cast and its components. Particularly on how this life-span is partly dependent on the methods of replication, partly on the chosen materials and partly on the level of care and storage conditions.

To Museums, Scientific Institutions, Universities, as well as to APAT itself, we hope that this work will represent an incentive to seriously look after the great heritage they are responsible for in front of Science, and of which importance they seem largely unaware.

<b>INDICE</b>	<b>Pag.</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>		<b>2</b>
<b>2 METODOLOGIA</b>		<b>3</b>
<b>3 IL CALCO E IL SUO SIGNIFICATO</b>		<b>5</b>
<b>4 COMPONENTI ESSENZIALI DI UN CALCO</b>		<b>8</b>
<b>5 MATERIALI</b>		<b>10</b>
<b>5.1 Le resine</b>		<b>11</b>
<i>5.1.1 La resina epossidica</i>		<b>11</b>
<i>5.1.2 La resina poliestere</i>		<b>12</b>
<i>5.1.3 La resina poliuretanica</i>		<b>14</b>
<b>5.2 La vetroresina</b>		<b>15</b>
<b>5.3 Gli elastomeri siliconici</b>		<b>16</b>
<b>5.4 I distaccanti</b>		<b>18</b>
<b>5.5 Il gesso</b>		<b>19</b>
<b>5.6 I solventi</b>		<b>20</b>
<b>5.7 I pigmenti</b>		<b>21</b>
<b>5.8 Le cariche</b>		<b>22</b>
<b>6 METODI</b>		<b>23</b>
<b>6.1 Il calco di superfici di piccole dimensioni</b>		<b>23</b>
<b>6.2 Il calco di superfici di grandi dimensioni</b>		<b>26</b>
<b>6.3 Il calco di fossili tridimensionali di piccole dimensioni</b>		<b>45</b>
<b>6.4 Il calco di fossili tridimensionali di grandi dimensioni</b>		<b>56</b>
<b>6.5 Il calco monouso</b>		<b>61</b>
<b>7 ALCUNI CASI DALLA COLLEZIONE APAT</b>		<b>63</b>
<b>7.1 I calchi</b>		<b>63</b>
<b>7.2 I fossili</b>		<b>72</b>
<b>8 CONCLUSIONI E PROSPETTIVE</b>		<b>80</b>
<b>9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b>		<b>81</b>

# 1 INTRODUZIONE

I calchi scientifici sono uno strumento indispensabile, sia per mettere a disposizione degli studiosi materiale scientificamente valido senza mettere a rischio gli originali, preziosi e frequentemente fragili, sia per rendere fruibile tale materiale in ambito museale. Per assicurare la scientificità di un calco è necessario, ovviamente, che questo sia una copia perfetta in ogni particolare ma perché ciò avvenga e perché il pezzo calcheggiato non subisca danni irreparabili è prima necessaria, sia una attenta analisi del pezzo da riprodurre, con particolare attenzione alle caratteristiche fisiche dell'esemplare e allo stato di conservazione, sia una adeguata scelta dei materiali utilizzabili (consolidanti, distaccanti, elastomeri siliconici ecc.), sia una accurata progettazione dell'intera operazione di intervento (tempi, metodiche, inconvenienti possibili, ecc.).

Lo stage si pone lo scopo di individuare e analizzare dati tecnici, metodologie e problematiche relative alle operazioni di replica di reperti di interesse scientifico attraverso l'analisi di una grande varietà di interventi già effettuati su fossili con differenti caratteristiche. Si pone inoltre l'obiettivo di individuare i possibili problemi che potrebbero presentarsi durante le auspicabili operazioni di replicazione di alcuni tra i pezzi conservati nelle collezioni paleontologiche dell'APAT.



## 2 METODOLOGIA

Tutto è partito dalle collezioni paleontologiche dell'APAT che sapevamo essere da tempo (almeno dal 1994) chiuse in scatole e casse, condizione, questa, che doveva essere solo temporanea in attesa di un trasferimento. Da allora i reperti non solo non sono più fruibili dalla comunità scientifica ma soprattutto nessuno ne ha potuto più verificare le condizioni e lo stato di salute. Sebbene l'immaginario collettivo consideri i fossili come "organismi immutabili" e "pietrificati", i fossili sono molto spesso delicati e alcuni, come molti degli esemplari dell'APAT, per particolari condizioni di conservazione e fossilizzazione (per esempio gli esemplari piritizzati), hanno bisogno di cure e controlli costanti. Essendo lo spazio disponibile e la mancanza di un vero e proprio Museo il primo responsabile di tale situazione di rischio per le collezioni, una soluzione plausibile per evitare un danno a livello scientifico poteva essere rappresentato dalla realizzazione di calchi con elastomeri siliconici e resine, almeno dei pezzi di importanza più rilevante. L'idea era quella di prendere in considerazione una parte delle collezioni, come input di un auspicabile lavoro futuro, e progettare la riproduzione dei pezzi dando particolare rilievo alle problematiche da affrontare durante la loro riproduzione. Il primo passo è stato tuttavia quello di approfondimento del significato del calco nella ricerca scientifica e nei Musei Scientifici. Dal significato del "riprodurre" si è passati alle problematiche, ai rischi e alla necessità di conoscere perfettamente i metodi e i materiali e di possedere una esperienza profonda e una formazione seria ed adeguata. I materiali usati infatti possono essere utili per la riproduzione di alcuni pezzi ma molto pericolosi per la riproduzione di altri, molti materiali inoltre devono essere manipolati con attenzione e con adeguate protezioni di sicurezza poiché tossici. Così come i materiali possono essere tanti, e ognuno con peculiarità tali da condizionare il lavoro e renderlo a volte più preciso, a volte più semplice a volte più economico, anche i metodi sono molteplici e non sempre la scelta di una soluzione equivale ad un'altra.

Analizzati i materiali (ovviamente i più importanti), il loro possibile utilizzo, la loro tossicità, e analizzati i metodi più comuni di replica, siamo passati all'analisi di alcuni calchi realizzati circa 30 anni fa, e infine all'analisi di una piccola parte di una collezione unica e spettacolare che necessitava (e purtroppo necessita tuttora) della realizzazione di copie, come passo indispensabile per la tutela della sua unicità ed importanza scientifica: la Collezione Curioni. La realizzazione di copie di tale collezione salvaguarderebbe il patrimonio paleontologico da perdite inaccettabili e libererebbe inoltre l'APAT dall'annoso e costoso problema (assicurazione del materiale, mobilitazione del personale, responsabilità oggettiva del curatore del materiale, imprevisti, furti,

ecc.) del prestito di materiale prezioso e insostituibile a musei o mostre temporanee che lo richiedano, prassi questa piuttosto comune e a cui è buona norma non sottrarsi.

Il lavoro si è quindi concentrato sulla progettazione dei calchi del materiale selezionato e sulla individuazione delle problematiche connesse. La speranza è che questo lavoro possa spingere le autorità responsabili a occuparsi seriamente del grande patrimonio di cui sembrano ignorare l'importanza e di cui sono i depositari di fronte alla Scienza.

### 3 IL CALCO E IL SUO SIGNIFICATO

Già i greci, così come i romani, disponevano di collezioni di calchi e di laboratori appositi in cui questi venivano realizzati. Durante il Rinascimento, italiani, francesi e tedeschi si dedicarono con attenzione e passione alla realizzazione di calchi per costituirne raccolte e per offrire ad artisti e creatori i modelli che ispireranno alcuni tra i molti loro capolavori. Il Cardinale Borromeo corredò di una galleria di calchi l'Accademia delle Belle Arti da lui stesso fondata a Milano. Nel Quattrocento, Donatello si occupò delle tecniche per la realizzazione di calchi su oggetti e dal vivo mentre nel secolo successivo il Rosso e il Primaticcio, trasferitisi in Francia, riprodussero raccolte di opere d'arte antiche. In tempi più prossimi a noi, tramite l'Académie Royale, Luigi XIV comandò che venissero realizzati i calchi delle antichità celebri d'Italia per servire da modello agli artisti del suo secolo. Nell'ottocento il calco continuava ancora a vivere nell'opera e nell'animo degli artisti come elemento indispensabile alla creazione dell'opera d'arte. In Europa fiorirono numerosi musei di calchi mentre francesi e inglesi realizzavano i calchi dei fregi del Partenone.

Col tempo il calco cadde in declino e si trovò relegato a semplice pratica artigianale, lo stesso Rodin, grande talento artistico, venne accusato di essere autore di calchi piuttosto che di sculture.

Oggi il calco ha perso il significato artistico per cui è nato ed è visto principalmente come strumento per la conservazione, per la divulgazione scientifica, per la didattica universitaria. Tutti i più importanti Musei di scienze naturali e di paleontologia sono ormai dotati di un laboratorio e di personale tecnico qualificato in grado di effettuare calchi scientifici del materiale conservato. In alcuni musei, addirittura, il laboratorio è motivo di lustro tanto da venir mostrato con orgoglio (fig. 1) ai visitatori



**Fig. 1 – Museo Paleontologico Egidio Feruglio (Trelew, Argentina). Il laboratorio è osservabile dai visitatori attraverso una vetrina interna.**

attraverso ampie finestre lungo il percorso espositivo. In questo modo i fruitori del museo possono non solo apprezzare i pezzi esposti ma anche comprendere che anche tutto ciò che solitamente avviene dietro le quinte fa parte della vita di un Museo.

Procediamo con ordine e cerchiamo di capire cosa intendiamo per calco come strumento di conservazione, strumento di divulgazione e strumento didattico.

I Musei, le Università, gli Istituti, come lo stesso APAT, possiedono collezioni paleontologiche a volte uniche al mondo, con reperti di straordinaria bellezza e rarità, ricche, molto spesso, di Tipi (olotipi, sintipi, paratipi ecc.), importantissimi dal punto di vista della ricerca scientifica. Non di rado, per difficoltà legate alla mancanza di spazio, di personale, di curatori, o anche più semplicemente di fondi dedicati, i pezzi sono tenuti in condizioni e luoghi che non ne garantiscono efficacemente la conservazione. Solo nella migliore delle ipotesi, infatti, sono conservati in apposite strutture, in scaffali e in raccoglitori adeguati, lontani da umidità o altri fattori di rischio. Quando invece i reperti hanno un loro spazio espositivo (in ogni museo, per ogni pezzo esposto centinaia sono quelli conservati nei magazzini) vengono sottoposti giornalmente a stress di vario tipo, come il contatto da parte di visitatori poco scrupolosi (se non sufficientemente protetti), l'esposizione costante alla luce solare, sbalzi di temperatura dovuti ad una scorretta circolazione dei flussi termici, umidità eccessiva ecc. La realizzazione di un calco, se da un lato non può impedire la distruzione del materiale originale, contribuisce alla conservazione dei dati scientifici. Se il calco viene fatto scrupolosamente acquista una valenza paragonabile al pezzo originale e non di rado avviene che tra Istituti di ricerca si scambino le riproduzioni anziché mettere a rischio i reperti.

A volte, invece, i reperti paleontologici non sono in condizioni di essere recuperati, per esempio nel caso di superfici ad impronte, in cui le superfici sono di grandi dimensioni. Un esempio è il caso delle impronte di dinosauro di Altamura, in Puglia (BA). In questo caso la superficie improntata ha una estensione di circa 60.000 m<sup>2</sup> e le impronte sono circa 28.000<sup>1</sup>. Non essendo in alcun modo protetti dalle intemperie questi importanti reperti sono destinati a rovinarsi e a deteriorarsi irrimediabilmente in tempi brevissimi. Una operazione di conservazione (in questo caso conservazione del dato paleontologico), come operazione di emergenza, potrebbe consistere, in questo caso, nella realizzazione di calchi del materiale di maggior valore, come per esempio le impronte più rappresentative o alcune

---

<sup>1</sup> Nicosia et al., 2000a; Nicosia et al., 2000b.

delle lunghe e suggestive piste. I calchi rimarrebbero quindi nel tempo e potrebbero consentire lo studio accurato del materiale.

Il calco è anche, come già detto, uno strumento di divulgazione. Molto spesso è il calco che viene esposto mentre l'originale è tenuto sotto controllo nei depositi. Non bisogna scordarsi poi che il Museo oggi non è più semplicemente un luogo di "raccolta ed esposizione di collezioni" ma sempre più spesso è un luogo di didattica in cui i pezzi esposti sono pochi ma significativi e, sempre più spesso, accessibili. Accessibili nel senso che il visitatore, per capire, deve poter toccare con mano, sentire per esempio la rugosità del carapace di una tartaruga, o la superficie liscia di un dente di tirannosauro ed altro ancora. L'esposizione di un calco è in questi musei il giusto compromesso tra la conservazione dei pezzi, che non possono correre il rischio di essere danneggiati, e la necessità di fare didattica in maniera sempre più coinvolgente.

I calchi, affiancati anche a fossili veri e propri, vengono poi utilizzati nei laboratori didattici delle università durante i corsi di paleontologia per acquisire l'esperienza necessaria e per imparare a conoscere e riconoscere i caratteri tassonomici dei taxa.

Da non trascurare è poi il potere di scambio dei calchi. I calchi dei pezzi più importanti possono infatti essere scambiati con altre Università o Musei in cambio di altrettanti calchi di pezzi anche unici. In questo caso le collezioni si arricchiscono e la Struttura acquista prestigio. Ma un Museo che si rispetti si occupa non solo dell'esposizione del proprio materiale, sempre più spesso si occupa infatti di mostre itineranti per le quali investe anche capitali ingenti, il più delle volte per le spese di assicurazione, di imballaggio e di trasporto del materiale chiesto in prestito. L'utilità di un calco si vede più pragmaticamente nel fatto che: un calco ha un valore definibile e sicuramente minore (di svariati ordini di grandezza) rispetto all'originale che il più delle volte ha un valore difficilmente quantizzabile o inestimabile; un calco può essere facilmente restaurato o rifatto in caso di grave danno; un calco, anche se di grosse dimensioni, è leggero e quindi facilmente trasportabile e imballabile, non rischia infatti inoltre di rompersi sotto il suo stesso peso se trasportato scorrettamente; un calco può essere esposto anche sospeso o attaccato alla parete (si pensi per esempio ai calchi di superfici ad impronte); un calco può essere colorato in maniera differenziale per mettere in evidenza aspetti difficili da vedere per un non esperto ma importanti dal punto di vista divulgativo e didattico.

Prima di analizzare il materiale selezionato e prima di passare alla fase di individuazione delle difficoltà legate alla realizzazione di copie dei pezzi scelti vediamo quali sono i componenti essenziali di un calco, quali i materiali che si utilizzano più frequentemente e quali i metodi di lavoro.

## 4 COMPONENTI ESSENZIALI DI UN CALCO

Per comprendere le tecniche di realizzazione di un calco è necessario conoscerne prima di tutto le componenti essenziali, quelle che nel gergo tecnico vengono indicate come *negativo*, *madreforma* e *positivo*. Ogni qualvolta ci si accinge a realizzare un calco, infatti, è necessario prestare la massima attenzione, oltre che all'originale, a tutti e tre questi componenti che dovrebbero essere sempre presi attentamente in considerazione durante tutte le fasi di progettazione di un lavoro.

Il materiale che viene colato o spalmato o pennellato attorno all'oggetto da riprodurre, e che ne riproduce la forma esterna, viene solitamente chiamato negativo una volta solidificato o reticolato. Il termine deriva dal fatto che la superficie di contatto con l'originale è un vero e proprio negativo della superficie dell'oggetto, le concavità dell'una corrispondono infatti a convessità dell'altra e viceversa. Quando si realizza un negativo si deve sempre fare molta attenzione alla tipologia di calco da realizzare, si deve cioè saper scegliere se effettuare il negativo in unico pezzo o in più pezzi, si devono scegliere le linee di divisione più opportune dei pezzi, si devono saper valutare i sottosquadri e le soluzioni possibili per evitare problemi durante le operazioni di sformatura (togliere dalla forma).

Quando il negativo viene utilizzato con materiali flessibili, come gli elastomeri siliconici, necessita di un supporto rigido perché la superficie riprodotta mantenga l'originale forma e la copia non risulti deformata. In questo caso viene realizzata attorno al negativo una struttura di contenimento in materiale rigido, per esempio il gesso o alcuni tipi di resine che vedremo più avanti. Questa struttura di contenimento viene chiamata madreforma (o più semplicemente camicia) e serve a far mantenere al negativo la forma e la posizione esatta che questo aveva attorno all'originale. Quando si toglie l'originale, infatti, il silicone tende a deformarsi sotto il suo stesso peso e non riproduce più fedelmente la superficie calcheggiata. A seconda del tipo di oggetto da riprodurre le camicie possono essere più o meno complesse. Anche le camicie, come il negativo possono essere realizzate in più pezzi tenuti insieme da precisi sistemi di ancoraggio mobili. In alcune situazioni, per esempio nel caso dei calchi di piccole superfici posizionabili orizzontalmente, la madreforma può non servire. In questo caso si deve utilizzare un silicone liquido e lo si deve versare fino a coprire ogni protuberanza e rilievo della superficie calcheggiata. Sarà praticamente il piano di appoggio su cui verrà sistemato il negativo capovolto a fare da

madreforma, e a impedire le deformazioni del silicone durante la realizzazione del positivo.

Il positivo è invece la copia vera e propria. Come la madreforma, può essere realizzata in materiali differenti a seconda delle esigenze. Possono essere utilizzate resine, più o meno rinforzate, gesso, o altro. Il positivo può essere realizzato in più pezzi per evitare cedimenti strutturali o per comodità di trasporto, per esempio nel caso in cui l'originale sia una lastra di roccia piuttosto grande. Nel caso di oggetti a tutto tondo si può scegliere, a seconda delle esigenze, se realizzare copie piene o vuote. Alcune tecniche prevedono tempi lunghi di lavoro e particolare attenzione e precisione ma risulta poi facilitata la fase di rifinitura dell'oggetto sformato, altre invece hanno tempi brevi di realizzazione ma necessitano di lunghi e laboriosi processi di finitura.

Saranno le finalità, i tempi a disposizione, i materiali, i costi a determinare le strade da scegliere nella sua progettazione e nella realizzazione di un calco.

## 5 MATERIALI

La realizzazione di un calco è una operazione estremamente delicata e deve essere portata a termine con attenzione e soprattutto competenza. La salvaguardia del reperto durante le fasi di replicazione deve essere il principale pensiero di un buon operatore, prima ancora della realizzazione del calco. Riconsegnare il pezzo integro e con le stesse caratteristiche strutturali ed estetiche di quando lo si è avuto in consegna, sia esso un fossile per la didattica, un olo tipo o una statua di grande valore, deve essere un dovere ed il primo pensiero di chi fa, delle tecniche di riproduzione, non solo semplicemente un mestiere ma un'arte in cui la professionalità e la passione si fondono in una unica miscela. Non esiste attualmente una scuola specifica che porti alla formazione di un tecnico specializzato nella duplicazione di reperti paleontologici, esistono, piuttosto, brevi corsi di introduzione alle tecniche di riproduzione. Tra questi citiamo il corso dal titolo "Tecniche per il calco di piccoli reperti" organizzato (nel 1998 e sicuramente molte altre volte ancora) dall'Associazione Nazionale Musei Scientifici (AMS) presso il Laboratorio di Restauro del Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Firenze. Altri corsi sicuramente utili ad entrare nel mondo complesso dei gessi, delle resine e delle gomme siliconiche sono quelli organizzati da associazioni e gruppi archeologici e speleologici. Citiamo in particolare il "Corso Nazionale di Specializzazione – Realizzazione di Calchi Paleontologici e Paleontologici" organizzato dal Club Alpino Italiano a Pogliana di Bisuschio (VA), e il "Primo Corso Nazionale dei Gruppi Archeologici d'Italia di Calco e Riproduzione" organizzato dal Gruppo Archeologico Genovese e dal Museo Archeologico del Finale.

Sebbene questi corsi siano utili e possano rappresentare un punto di partenza per l'apprendimento dei segreti di questa arte (oltre che delle tecniche), nulla può preparare meglio che l'esperienza. Esperienza che si acquisisce col tempo, con la sperimentazione, con l'aggiornamento continuo, con la ricerca di nuovi materiali, e con la voglia di provare e di rimettersi in gioco e ricominciare se non si ottengono i risultati voluti.

Prima dell'analisi dei problemi connessi alla tecnologia del calco, è opportuno esaminare l'aspetto della qualità della riproduzione. Questa dipende strettamente dai materiali e dalle tecniche utilizzate. Da questi dipende inoltre la durata di vita di un calco, che non è infinita, così come quella del negativo, indispensabile per la realizzazione di nuove copie dell'originale.



I materiali che vengono utilizzati per la riproduzione di oggetti, o fossili, o opere d'arte, sono molteplici. Ogni anno nuovi prodotti vengono testati e venduti. Molti di questi materiali liberamente in commercio devono tuttavia essere studiati con attenzione e provati su oggetti-test per comprenderne a pieno sia le potenzialità, sia i rischi. Tanto per citare uno tra i rischi che maggiormente si corrono durante i lavori di riproduzione, basti pensare che alcuni siliconi, colati su materiale lapideo poroso (per esempio il marmo), compromettono irrimediabilmente l'aspetto cromatico dell'originale. Nei capitoli che seguono, data la vastità dell'argomento e l'infinita possibilità di scelta tra i materiali disponibili e i metodi possibili, e consapevoli che nessun manuale, per quanto completo, possa sostituire l'esperienza, verranno trattati alcuni tra i prodotti e le tecniche che un buon realizzatore di calchi deve conoscere.

## **5.1 Le resine**

Per resina si intende in genere una ampia classe di differenti e complessi polimeri che si possono ottenere con una grande varietà di metodi e materie prime. Le resine che più comunemente vengono utilizzate per la realizzazione di calchi sono le resine poliesteri, le resine epossidiche e le resine poliuretaniche. Si tratta di materiali bicomponenti e cioè di resine che per passare dallo stato liquido allo stato solido (polimerizzazione) hanno bisogno di un componente polimerizzante (detto anche catalizzatore, reticolante o più semplicemente indurente). Il processo è irreversibile.

Il tempo utile per la polimerizzazione (il cosiddetto pot-life) non è fisso e dipende dal tipo di resina, dalla percentuale di polimerizzante immesso oppure dalla quantità preparata, e da fattori ambientali come la temperatura, l'umidità ecc. Le resine sono prodotti da trattare con prudenza, sono infatti tossiche ed irritanti. Vanno quindi manipolate utilizzando guanti di gomma o lattice in modo da evitare che vengano a contatto diretto con la pelle. Per non respirarne i vapori dovrebbero inoltre essere utilizzate, o sotto cappa, o in ambienti aerati e con maschere antigas dotate di filtri appositi.

Le resine vengono utilizzate per la realizzazione della madreforma e del positivo.

### ***5.1.1 La resina epossidica***

La resina epossidica ha caratteristiche meccaniche eccellenti ma costi piuttosto elevati. Questo tipo di resina viene polimerizzata tramite l'utilizzo di appositi polimerizzatori che vengono aggiunti in percentuali che solitamente si aggirano intorno al 20-50 %. Il tempo di pot-life per questa resina è piuttosto lungo. In termini estremamente generici possiamo dire

che 500 grammi circa di resina, con 20° centigradi e umidità non eccessiva, dopo circa 45 minuti non è più lavorabile, dopo circa 3 o 4 ore non ha più presa, dopo circa 6 ore risulta secca al tatto e dopo 20-24 ore completamente secca e limabile. I tempi di polimerizzazione per l'ottenimento della massima resistenza possibile si aggirano mediamente intorno ai 14-18 giorni per questo motivo nelle industrie specializzate in cui questo materiale viene utilizzato si usa riscaldare i pezzi polimerizzati in modo da ridurre a 36-72 ore tale tempo.

Questa resina viene solitamente utilizzata per la realizzazione del positivo. La polimerizzazione avviene senza cessione di calore e per questo motivo è possibile utilizzare, e quindi fare polimerizzare, quantità anche elevate di questo prodotto senza pericolo di surriscaldamento, deformazione o autoaccensione. Solitamente vengono utilizzate resine con viscosità elevata in modo che possano essere spalmate per strati successivi sulla gomma siliconica del negativo. Si stende con un pennello un primo strato di resina e, a polimerizzazione avvenuta, si procede alla stesura di un secondo strato e si attende che si completi la polimerizzazione, e così via fino al raggiungimento di una spessore sufficiente a rendere la struttura resistente.

Le epossidiche vengono generalmente preferite per i positivi perché lasciano più tempo di lavorazione e permettono una replica dei particolari più fedele. Possono venire rinforzate con resine poliesteri e fibre di vetro.

### *5.1.2 La resina poliestere*

La resina poliestere ha una flessibilità e una resistenza alla trazione inferiori rispetto alla resina epossidica ma ha un prezzo inferiore. Tende inoltre ad avere un ritiro anche sensibile in fase di polimerizzazione, cosa che non avviene con le epossidiche. Durante la polimerizzazione sviluppa calore, ha cioè una reazione esotermica che talvolta può provocare l'autoaccensione, per questo motivo è necessario utilizzarne quantità piuttosto limitate. Il calore liberato è in funzione della quantità di resina e della quantità di reagente aggiunto. Occorre che si stabilisca un equilibrio tra la quantità di calore prodotto in seno alla massa in reazione e la quantità di calore che si elimina a livello superficiale. Se la prima è troppo grande in rapporto all'altra, avremo un surriscaldamento della massa, soprattutto al centro, e ne deriveranno deformazioni importanti (fig. 2). Quando si utilizza per colata gli spessori non devono mai superare i 10 o i 20 millimetri oppure occorre ridurre la proporzione tra resina e reagente o ancora è necessario aggiungere cariche (vedi paragrafo 5.8) in grado di assorbire il calore in eccesso.



**Fig. 2 – Effetti del surriscaldamento della resina poliestere durante la polimerizzazione.**

I tempi di pot-life sono variabili a seconda delle caratteristiche della resina, della percentuale di reagente, dell'umidità, della temperatura ambientale, e della temperatura del substrato su cui si usa il materiale. La possibilità di colare e manipolare la resina cessa comunque dopo pochi minuti. La quantità

di polimerizzatore che si deve aggiunge alle resine poliesteri per ottenere la reticolazione si aggira solitamente intorno al 2 %. Quantità maggiori diminuiscono di molto il tempo di lavorabilità della resina al punto che spesso catalizza prima che si riesca a colarla, a volte con reazione violenta.

Nel processo di indurimento della resina si distinguono tre fasi: la fase di gel; la fase di indurimento primario; la fase di indurimento completo. Nella fase di gel (da ½ ora a 1 ora) la resina, prima fluida, si gelifica. È caratterizzata in questo stadio da una certa flessibilità tanto che è ancora agevolmente tagliabile con un taglierino. Nella fase di indurimento primario (da qualche ora a 24 ore) l'opera può essere ancora sformata, può anche essere levigata ma la polimerizzazione non è ancora conclusa. Nella fase di indurimento completo (da qualche giorno a una settimana) la polimerizzazione è completamente terminata. L'acqua non può provocare uno sbiancamento o un arrossamento della superficie, al contrario degli stadi precedenti. La durata di queste tre fasi dipende, come già detto, dalle condizioni atmosferiche e ambientali e dalla proporzione di reagente aggiunto alla resina

Queste resine vengono utilizzate per la realizzazione della madreforma, in associazione con fibre di vetro variamente tessute (vedi oltre), ma anche per la realizzazione di positivi di grande dimensioni.

### 5.1.3 La resina poliuretanica

I poliuretani sono una grande famiglia di prodotti sintetici i quali comprendono anche una vasta gamma di resine per masse da stampaggio che vengono molto spesso utilizzate per la produzione di calchi.

La resina poliuretanica può essere sia monocomponente che bicomponente. La resina monocomponente polimerizza a contatto con l'aria, a freddo, dando luogo ad un prodotto



**Fig. 3 – Riempimento di un calco con resina poliuretanica espansa monocomponente.**

stabile resistente e leggero. Si trova facilmente nelle ferramenta in bombole autoeroganti ed aumenta il proprio volume fino a 50 volte il volume originale. Solitamente utilizzata come coibentante o insonorizzante, viene utilizzata, nella realizzazione dei calchi, come materiale di rinforzo del positivo e della madreforma, se questi sono di grandi dimensioni (fig. 3).

La resina poliuretanica bicomponente può essere sia compatta sia espansa, come la monocomponente, e polimerizza a freddo con l'aggiunta di un indurente dando luogo ad un composto stabile e

irreversibile. La reazione, una volta aggiunto l'indurente, avviene rapidamente, nel giro di qualche secondo. Le due categorie (compatta ed espansa) sono a loro volta divise in resine rigide e resine elastiche ma per la realizzazione di calchi vengono di solito utilizzate le formulazioni rigide. La resina espansa rigida viene utilizzata per colata ed è disponibile in diverse densità a seconda delle necessità. Il prodotto polimerizzato ha una elevata leggerezza, una buona resistenza alla compressione, una elevata stabilità dimensionale e un basso indice di assorbimento d'acqua; si presenta sotto forma di schiuma a cellule chiuse ricoperta da una pelle superficiale compatta. Anche la resina compatta rigida è un formulato specifico per colate. Dopo la polimerizzazione si ottiene un composto dotato di buona resistenza all'urto, ottima stabilità dimensionale, elevata fedeltà di riproduzione e ottima finitura superficiale.

La resina espansa viene utilizzata, come la monocomponente, per il rinforzo di positivo e madreforma, quella compatta per la realizzazione del positivo se di dimensioni ridotte, in particolare per calchi di oggetti a tutto tondo (fig. 4).

Tutte le resine poliuretatiche sono irritanti per l'apparato respiratorio la pelle e gli occhi e data la mancanza di una ricerca specifica mirata è raccomandabile operare in ambiente ventilato e utilizzare sempre guanti, occhiali, maschera con filtri e tuta protettiva



**Fig. 4 – Calco di ammonite in resina poliuretatica compatta bicomponente.**

## **5.2 La vetroresina**

Sotto il nome di vetroresina vengono indicati tutti quei materiali o prodotti fatti con una resina laminata su una base tessile di fibra di vetro<sup>2</sup>. Il tessuto di vetro serve cioè da base rigida per la resina nella quale viene immerso. Da un punto di vista tecnico, la fibra di vetro è un materiale tessile che viene prodotto per estrusione del vetro, che viene poi stirato fin quando non si ottengono dei fili sottilissimi che vengono tessuti in vario modo a seconda del prodotto finale che si vuole ottenere. Malgrado possano sembrare qualità incompatibili tra loro, la vetroresina è dotata di una notevole rigidità e durezza ma anche di una grande flessibilità e resistenza. In alcuni casi, ma raramente per la realizzazione di calchi, dato il costo molto elevato, anziché fibre di vetro vengono utilizzate fibre di carbonio o kevlar, per l'estrema leggerezza e resistenza associate (il kevlar, a parità di peso è circa cinque volte più resistente dell'acciaio).

La vetroresina viene solitamente utilizzata per la realizzazione della camicia del calco quando questo sia di grandi dimensioni, quando cioè non sia possibile lavorare con il gesso, e come rinforzo del positivo. La resina utilizzabile con la fibra di vetro può essere sia epossidica che poliestere. Solitamente si preferisce utilizzare la seconda, principalmente per il basso costo.

---

<sup>2</sup> Turco & Turco, 1997.

La manipolazione delle fibre di vetro deve avvenire con estrema cautela poiché al momento del taglio dei pezzi da inglobare nella resina, taglio che avviene solitamente con normali forbici, le fibre si spezzano in minuscoli frammenti, molto leggeri, che possono



**Fig. 5 – Preparazione del tessuto di fibre di vetro con attrezzatura corretta e in ambiente apposito, facilmente bonificabile.**

venir inalati provocando tumori all'apparato respiratorio. Gli stessi frammenti a contatto con la pelle sono molto irritanti e spesso non è sufficiente una doccia per eliminarli poiché penetrano in profondità (sono minuscoli aghi di vetrosi). Per lavorare in sicurezza è necessario lavorare in ambiente aerato o dotato di

aspiratore o in ambiente apposito facilmente bonificabile a lavoro ultimato con attrezzature comuni come aspirapolveri ecc. È necessario inoltre lavorare indossando tute protettive provviste di cappuccio, guanti in lattice, occhiali e maschere con filtri speciali per polveri sottili (fig. 5).

### **5.3 Gli elastomeri siliconici**

Gli elastomeri siliconici possono essere liquidi o in pasta e quindi colabili o spalmabili. Vulcanizzano (polimerizzano) a freddo previa aggiunta di appositi componenti e una volta vulcanizzati (reazione irreversibile) hanno caratteristiche di alta stabilità ed elasticità. Grazie alle loro caratteristiche gli elastomeri siliconici (anche detti gomme siliconiche o più semplicemente siliconi) offrono grandi vantaggi nella costruzione di stampi per riprodurre oggetti di ogni tipo; gli stampi in gomma siliconica, infatti, copiano fedelmente ogni dettaglio del modello e consentono inoltre la realizzazione di numerose copie senza subire alcun danno. Le caratteristiche principali di questi prodotti è che vulcanizzano a freddo, non hanno bisogno quasi mai di distaccanti (solo per precauzione nel caso di oggetti o reperti particolarmente delicati che non si vuole sottoporre a sollecitazioni pericolose), possiedono elevata elasticità che consente di sformare pezzi con forte

sottosquadro, permettono l'utilizzo di una ampia gamma di materiali quali resine, cera, gesso e leghe e metalli basso fondenti (ad esempio piombo), permettono la riproduzione perfettamente fedele, sin nei minimi particolari, dell'originale.

La gomma siliconica liquida che si usa per colata è caratterizzata da elevata elasticità, buon potere di allungamento, alta fedeltà di riproduzione anche dei minimi dettagli. È adatta per la realizzazione di stampi, sia a cielo aperto sia bivalvi, per la riproduzione di pezzi per strati successivi e per colata in resina epossidica, poliestere, poliuretanica, o in gesso. Alcune gomme siliconiche sono caratterizzate da una minore fluidità tanto che è possibile applicarle a pennello anche su superfici verticali senza che colino via. È tuttavia necessario applicarne due o tre mani per avere uno spessore ottimale e uniforme. Per calceggiare superfici fortemente inclinate o verticali, non avendo a disposizione siliconi pennellabili, è possibile aggiungere al silicone colabile, e quindi più fluido, apposite sostanze tixotropizzanti. I tempi di lavorabilità sono variabili a seconda delle caratteristiche tecniche del prodotto. Possono variare dalle 6 alle 10 ore e oltre ma molto dipende anche dalle condizioni ambientali (temperatura, umidità ecc.). Aumentando il quantitativo di reagente aumenta la velocità di reazione.

Oltre al silicone per colata e pennellabile esiste anche un silicone applicabile manualmente. L'amalgama con il prodotto polimerizzatore avviene con le mani. La fedeltà di riproduzione è inferiore rispetto ai siliconi appena trattati principalmente perché è più facile che durante la lavorazione rimangano intrappolate bolle di aria tra la gomma e la superficie da ricoprire. Anche in questo caso i tempi di lavorabilità sono variabili a seconda delle caratteristiche tecniche del prodotto e delle condizioni al contorno (temperatura, umidità ecc.). In linea di massima tali prodotti vulcanizzano in tempi più brevi rispetto alle gomme siliconiche colabili o pennellabili; alcune gomme, infatti, non sono più lavorabili dopo 30-40 minuti, altre addirittura vulcanizzano dopo appena 10-15 minuti. L'aggiunta di una quantità superiore a quella consigliata dello specifico reagente, accelera fortemente i tempi di reazione.

Molti siliconi aderiscono all'oggetto su cui sono colati o spalmati, infiltrandosi nelle microporosità. Lo strappo del silicone, una volta polimerizzato può provocare lesioni importanti all'oggetto calceggiato provocandone l'asportazione di frammenti o l'allargamento di fessure preesistenti.

Altro aspetto da non sottovalutare è che gli elastomeri siliconici tendono a veicolare l'olio siliconico nell'originale. Nonostante le precauzioni per proteggere l'epidermide della pietra questo olio migra sempre e in maniera considerevole con una reversibilità che nel migliore dei casi consente una eliminazione immediata del 50%. Le tracce residue di questo olio tendono a scomparire con modalità e con tempi che dipendono strettamente dalla natura del materiale calcheggiato. Per questo motivo è spesso necessario provare il materiale siliconico su parti non visibili dell'oggetto da calcheggiare. Esistono in commercio, ma non sempre sono facili da trovare, elastomeri siliconici che non cedono olio, che vengono utilizzati per il calco di opere d'arte di grande valore, per le quali non sono ammesse modifiche di nessun tipo tanto meno dell'aspetto esterno come il colore, la lucidità ecc.

## **5.4 I distaccanti**

Vengono indicati con il termine “distaccante” quelle sostanze utilizzate per impedire a due materiali, della stessa o di differente natura, di aderire tra loro. I distaccanti vengono applicati, pennellati, spruzzati (a seconda del tipo) direttamente sulle due superfici che non si vuole far aderire.

Vengono utilizzati per materiali della stessa natura quando si deve realizzare la seconda delle due valve di silicone (vedi capitolo 6) nel caso di un calco a tutto tondo. Senza l'utilizzo di un distaccante, infatti, il silicone colato sull'oggetto per la realizzazione della seconda valva aderirebbe in maniera definitiva alla prima rendendo molto più complesso il lavoro di sformatura dell'originale e mettendone a rischio l'integrità. Vengono anche utilizzati per non fare aderire la valva di gesso di una madreforma con il gesso colato per la realizzazione della seconda valva, oppure per colare gesso in uno stampo di gesso, o silicone in uno stampo di silicone.

Vengono invece utilizzati su materiali di diversa natura quando l'oggetto da replicare è particolarmente delicato e si vuole ridurre al minimo le tensioni tra silicone vulcanizzato e superficie dell'oggetto durante lo strappo del negativo. Al momento del distacco del silicone, infatti, il reperto subisce tensioni che rischiano di danneggiare la superficie e di staccare eventuali parti già lesionate. L'utilizzo di distaccanti permette un agevole distacco del silicone e quindi la riduzione delle tensioni meccaniche, nei confronti dell'epidermide lapidea, che si possono originare dato che il silicone tende ad aderire perfettamente alla superficie e ad infiltrarsi nelle microporosità.



I materiali a disposizione sono molti ma nel caso di distaccanti adoperati per agevolare la sformatura è necessario utilizzare materiali che non creino spessore tra oggetto e gomma siliconica. In questo caso infatti il silicone non riuscirebbe a riprodurre fedelmente la superficie dell'originale poiché non riuscirebbe ad entrarvi in contatto. La gomma riprodurrebbe invece la superficie esterna dello spessore del distaccante.

Tra gli agenti separatori di facile reperibilità e di semplice utilizzo troviamo il sapone liquido, la barbottina (argilla diluita in un po' d'acqua), la cera per pavimenti, l'olio d'oliva o di semi, la vaselina, l'olio di vaselina, il talco e l'olio di silicone. Esiste poi una vasta gamma di materiali appositamente formulati come distaccanti che si possono trovare con facilità nei negozi specializzati in prodotti per il restauro la cui descrizione esula dallo scopo del seguente lavoro e che quindi non tratteremo in questa sede.

## 5.5 Il gesso

Con il termine generico “gesso” si indicano indifferentemente due sostanze conosciute e utilizzate da millenni: un minerale e un prodotto industriale che da esso deriva. Nel nostro lavoro il termine generico verrà riservato esclusivamente al secondo, e cioè al prodotto industriale perché è questo che viene utilizzato nella realizzazione di calchi. Riscaldando il gesso naturale a 128° C, il suo costituente essenziale, ossia il solfato di calcio biidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), perde una molecola e mezzo di acqua di cristallizzazione; si ha così la trasformazione in “gesso da presa” il cui costituente essenziale è appunto il solfato di calcio semiidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ )<sup>3</sup>. Del solfato di calcio semiidrato si conoscono due varietà allotropiche, una a presa rapida ed una a presa lenta, entrambe dotate di notevole solubilità nell'acqua. La prima tra le due varietà è sicuramente la più usata perché permette tempi di attesa brevi e facile lavorabilità.

Il gesso da presa, polverizzato ed impastato con acqua, si reidrata con facilità e indurisce rapidamente (fa presa) formando un aggregato cristallino compatto. La presa avviene con dispersione di calore e con leggero aumento di volume.

Se osserviamo il gesso al microscopio durante la fase di presa possiamo vedere la formazione rapida di cristalli. Questi si saldano gli uni agli altri e tale assemblaggio di cristalli tra di loro è responsabile della resistenza del materiale. Se la massa si sconvolge in questo momento i cristalli non si saldano nel modo giusto e il materiale si indebolisce. È dunque importante lasciare riposare il gesso durante il periodo critico della presa. Questa

---

<sup>3</sup> Turco, 1990.

finisce quando tutto il calore che si è liberato durante il fenomeno di cristallizzazione si è disperso.

Il gesso può venire utilizzato per la realizzazione di positivi a basso costo ma anche per la realizzazione di negativi in assenza di sottosquadri, e di madreforme nel caso di oggetti di piccole dimensioni. Quando gli oggetti da riprodurre sono di grandi dimensioni si preferisce realizzare la madreforma in resina, più leggera e resistente ma anche molto più costosa e difficile da manipolare (oltre che tossica). Quando il gesso si utilizza per la madreforma è possibile rinforzarlo immergendovi, prima della presa, garza di cotone per medicazioni o anche la rete di plastica a maglie larghe che viene usata per unire i pannelli di cartongesso prima della rasatura (fig. 6).



**Fig. 6 – Alcuni dei materiali utilizzati solitamente per rinforzare gli oggetti in gesso.**

## **5.6 I solventi**

In questo paragrafo prenderemo in considerazione i due solventi che vengono più comunemente utilizzati nelle fasi di realizzazione di calchi: l'acetone e il diluente nitro.

L'acetone (nome commerciale: acetone, dimetilchetone, 2-propanone) è un liquido incolore, infiammabile, tossico per inalazione e per contatto, reperibile comunemente in ferramenta. Si tratta di un solvente della classe dei chetoni il cui principio attivo è il 2-propanone. Ha un ottimo potere solvente ed è miscibile con tutti i liquidi, perciò è usato come solvente intermedio per rendere miscibili due liquidi incompatibili<sup>4</sup>.

L'acetone viene utilizzato nella realizzazione dei calchi come detergente per i materiali quali spatole, pennelli, contenitori, ecc. e come diluente delle resine poliesteri.

---

<sup>4</sup> Crisostomi et al., 1996.

Il diluente nitro (nome commerciale: diluente nitro antinebbia) è un liquido incolore, facilmente infiammabile, tossico per inalazione, reperibile comunemente in ferramenta. Si tratta di un solvente organico misto e cioè di una miscela di solventi organici come esteri, chetoni, alcoli e idrocarburi aromatici. Sebbene le formulazioni possono essere varie, i componenti principali sono: toluene, acetone, dicloropropano, butilcellosolve, acetato di isobutile, alcool isopropilico o isobutilico. Il potere solvente è simile a quello degli idrocarburi aromatici ma la tossicità è inferiore. Solubilizza un'enorme quantità di resine sintetiche e naturali, in virtù delle capacità solventi dei componenti. Reagisce violentemente con ossidanti forti.

Il diluente nitro viene utilizzato, nella realizzazione di calchi, principalmente come detergente per il materiale di consumo quando si utilizzano elastomeri siliconici o resine epossidiche o come diluente per queste ultime. Per materiali quali spatole, contenitori, mestoli ecc., nel caso in cui all'elastomero sia già stato aggiunto il reticolante si preferisce attendere il totale effetto di questo ed effettuare l'eliminazione meccanica del silicone catalizzato. Nel caso dei pennelli ciò non è possibile perché il silicone catalizza tra le setole e rende vano ogni tentativo di pulizia. I pennelli quindi, per evitare inutili sprechi di materiale, devono sempre essere puliti prima che inizi il processo di catalizzazione.

## 5.7 I pigmenti

Per la colorazione degli elastomeri, delle resine e del gesso vengono solitamente utilizzati pigmenti in polvere quali ossido di zinco (bianco), ossido di ferro (rosso, arancio, giallo, bruno, nero), ossido di cromo (verde), terre naturali (terra di Siena naturale, terra di Siena bruciata, terra verde, ocra d'oro, ocra scura, ocra gialla, ocra rossa, ombra naturale, ombra bruciata), stannato di cobalto (blu cobalto), ferrocianuro ferrico (blu di Prussia) e tanti altri ancora. Solo alcuni pigmenti sono innocui per la salute, molti sono altamente tossici, cancerogeni o sospetti tali, per esempio il rosso di cadmio (solfuro di cadmio), il rosso cinabro (solfuro di mercurio), il viola di cobalto (arsenato o fosfato di cobalto), giallo di Napoli (antimonato di piombo)<sup>5</sup>. Altri sono solo moderatamente tossici come il blu di cobalto (stannato di cobalto), verde di cobalto (cobalto calcinato, ossidi di zinco e alluminato), blu di manganese (manganato e solfato di bario), il blu di Prussia (ferrocianuro ferrico), il bianco di zinco (ossido di zinco), il nero di carbone (carbone di sintesi) ed altri ancora<sup>6</sup>. È quindi estremamente importante scegliere con cura il materiale

---

<sup>5</sup> Mosca, 2000

<sup>6</sup> Mosca, 2000

da utilizzare e indossare sempre guanti e maschere di protezione adatte con filtri per le polveri sottili.

I pigmenti in polvere sono costituiti da particelle finissime. Quando si aggiungono al veicolo tendono a formare grumi; occorre quindi stemperarli previamente in una piccola quantità di resina agendo con una spatola fino ad ottenere un concentrato cremoso il quale poi si aggiunge all'impasto da colorare.

## **5.8 Le cariche**

Le cariche hanno molteplici funzioni: rinforzare il materiale utilizzato per il calco, modificarne l'aspetto esteriore, accrescerne le qualità di adesione alle superfici, diminuirne il ritiro, evitarne l'eccesso di riscaldamento, diminuirne la quantità da impiegare e quindi il costo totale dell'opera.

Ad una resina si può aggiungere circa il 40% di materiale di carico senza indebolirla anzi, molto spesso il materiale di carico ne accresce le proprietà meccaniche.

La natura delle cariche, disponibili sotto forma di polveri, è molto varia ma in genere si tratta di materiali inerti dal punto di vista chimico. Le più usate sono il caolino, il talco, il silicio colloidale, la pietra pomice in polvere, la polvere di marmo, la sabbia, il cemento, il gesso, la polvere di carbone, pezzetti di vetro tritato, fibra di vetro, fibre sintetiche, fibre naturali, polvere di legno, polvere metallica, limatura di ferro, microsfere di bachelite, microsfere di vetro, cave o piene.

## 6 METODI

La costruzione di uno stampo di silicone è una operazione che non richiede particolari attrezzature ma che può essere estremamente complessa. In alcuni casi è sufficiente versare la gomma sull'oggetto da riprodurre per ottenere uno stampo monovalva (monoblocco), altre volte è necessario invece costruire stampi più complessi, bivalvi o multivalve, per esempio per riproduzioni a tutto tondo con forti sottosquadri. A volte il negativo viene realizzato sapendo che deve essere distrutto per sformare il positivo. Si tratta di casi particolari che però non riguardano la riproduzione di fossili in senso stretto (vedi paragrafo 6.5).

Come è evidente, le tecniche di realizzazione di calchi sono varie e articolate<sup>7</sup>, ogni pezzo da riprodurre deve quindi essere attentamente valutato e studiato prima di iniziare qualsiasi tipo di procedura. È buona regola, prima di occuparsi della realizzazione vera e propria del calco, progettare tutte le fasi del lavoro, dall'individuazione dei punti deboli del pezzo da riprodurre, alla definizione dei rischi dell'operazione, alla individuazione della tecnica migliore, alla lista dei materiali e dei quantitativi, alla stesura di una tabella di marcia dei tempi e delle operazioni da eseguire. È buona regola inoltre, per migliorare e rendere più efficace la progettazione di lavori simili futuri, tenere, durante tutte le fasi di lavoro, un diario dove appuntare tutte le procedure realmente seguite e tutto ciò che è avvenuto in corso d'opera (tempi di reticolazione, quantità di materiale effettivamente utilizzato, condizioni in cui si è svolto il lavoro, problemi, contrattempi, soluzioni adottate ecc.).

Nei paragrafi che seguono vedremo alcuni tra i metodi utilizzabili nella riproduzione di fossili prendendo in considerazione casi reali e lavori effettivamente realizzati.

### 6.1 Il calco di superfici di piccole dimensioni

Nella realizzazione di un calco di una superficie di piccole dimensioni prendiamo in esame il caso più semplice quello cioè i cui non ci siano sottosquadri o che essi siano talmente lievi da non costituire problema alcuno durante la sformatura. Prima di analizzare le procedure per questa tipologia di calco è necessario tuttavia dedicare qualche riga al concetto di sottosquadro.

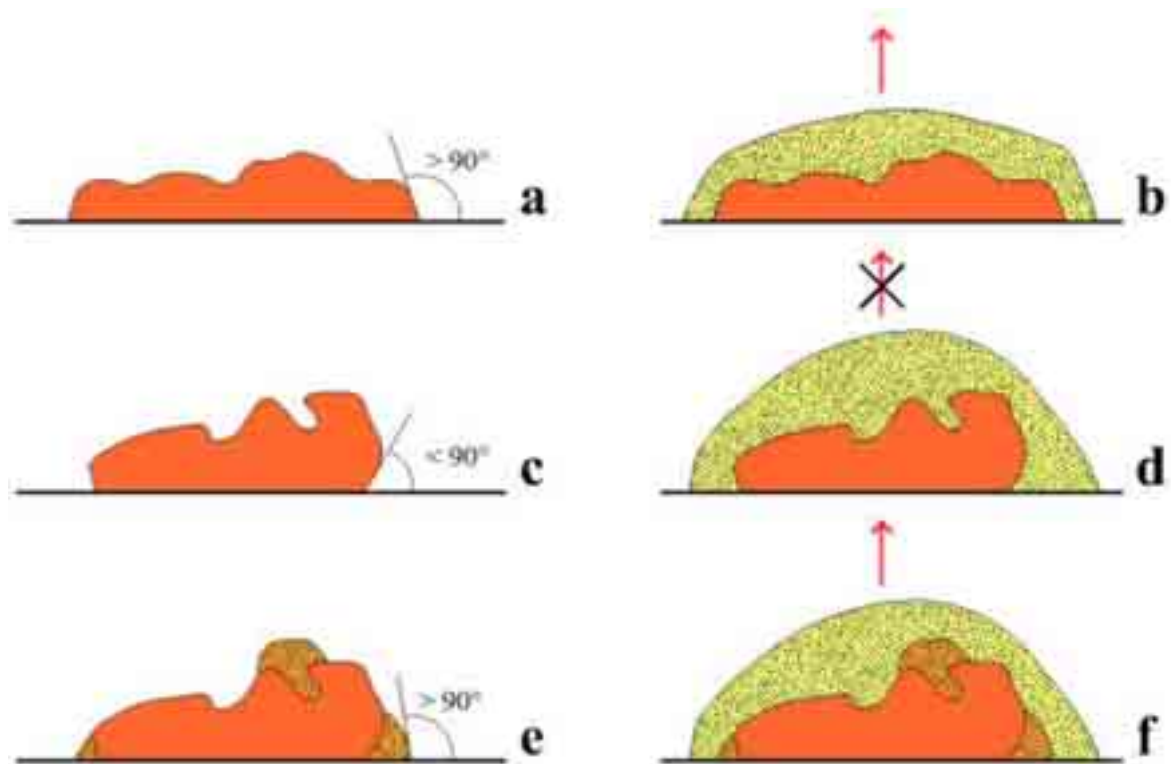
Un oggetto presenta sottosquadri quando la sua superficie esterna presenta rientranze in cui le pareti formano un diedro minore di un angolo diedro retto. Più semplicemente si può

---

<sup>7</sup> Borselli, 1985; Cozzini, 1985.

dire che presenta sottosquadri se ha cavità il cui fondo è più largo dell'apertura. Sottosquadri possono essere anche presenti sul bordo dell'oggetto da riprodurre quando la superficie di questo oggetto incide sul piano con un angolo minore di  $90^\circ$ . Un modello con sottosquadri, se ricoperto di materiale rigido non può essere liberato da questo, quando indurito o catalizzato, se non danneggiando il modello stesso.

Quando i sottosquadri solo di piccola entità possono non costituire un problema se si utilizza per il negativo un materiale deformabile ed elastico come gli elastomeri siliconici. Se invece sono di grossa entità diventa necessario realizzare il negativo con dei tasselli separati di elastomero che permettano la sformatura in sicurezza<sup>8</sup>. La figura 7 aiuta alla comprensione del concetto proposto e suggerisce una possibile soluzione con tasselli separati.



**Fig. 7 – a) Oggetto senza sottosquadri, l'angolo tra la superficie dell'oggetto e il piano è maggiore di  $90^\circ$ ; b) La calotta rigida che ricopre un oggetto senza sottosquadri può essere tolta senza danneggiare l'oggetto stesso; c) Oggetto con sottosquadri, l'angolo tra la superficie dell'oggetto e il piano è minore di  $90^\circ$ ; d) La calotta rigida che ricopre un oggetto con sottosquadri non può essere tolta senza danneggiare l'oggetto stesso; e) Oggetto con sottosquadri su cui sono stati realizzati tasselli di riempimento facilmente estraibili (in arancione) per eliminare i sottosquadri al momento della realizzazione della calotta rigida (in giallo); f) La calotta rigida che ricopre un oggetto in cui i sottosquadri sono stati eliminati (in questo caso con appositi tasselli) può essere tolta senza danneggiare l'oggetto stesso. Da Clérin, 1995 modificato.**

<sup>8</sup> Clérin, 1995.

Quando si realizza il calco di una superficie di piccole dimensioni il caso più semplice è che questa non abbia sottosquadri e non abbia grandi differenze di quota. In questo caso è possibile realizzare un calco senza madreforma ed arrivare alla realizzazione del positivo più rapidamente. La soluzione migliore in questo caso è preparare, a uno o due centimetri dai bordi della lastra, una struttura di contenimento in argilla alta quanto lo spessore della lastra più lo spessore del negativo che si vuole realizzare. A questo punto si utilizza un elastomero siliconico per colata che si versa sulla superficie da riprodurre facendo attenzione che non abbia, inglobate, troppe bolle d'aria. A vulcanizzazione avvenuta si sforma con attenzione l'originale, si appoggia il negativo su una superficie piana e si riempie con resina epossidica o poliestere preventivamente pigmentata. Se lo spessore della lastra è superiore a 2-3 centimetri è preferibile utilizzare una resina epossidica al posto di una poliestere poiché quest'ultima si surriscalda durante la fase di polimerizzazione, in alternativa è possibile utilizzare la resina poliestere opportunamente caricata o colata per strati successivi fino al raggiungimento dello spessore desiderato.

Ottenuto il positivo questo può essere truccato opportunamente con i pigmenti adatti preparando una miscela di acqua vinavil e pigmento in percentuali variabili a seconda del risultato voluto. La fase da dedicare al maquillage è spesso lunga e complessa quanto la fase di replicazione di un pezzo e non sempre porta a buoni risultati al primo tentativo. Un buon trucco del positivo ha bisogno di tempi lunghi in parte legati ai tempi di attesa necessari perché le diverse mani di colore si asciughino, in parte legati alla complessità



**Fig. 8 – Struttura di contenimento per il silicone realizzata con una struttura semimobile di compensato.**

dell'operazione stessa. Il colore comunque deve sempre essere quasi trasparente ed estremamente leggero e non deve riempire, e quindi obliterare, i particolari minuti riprodotti con tanta cura nel negativo. È inutile fare un calco perfetto, scientifico, se poi con una grossa mano di colore si riempiono i

particolari e si cancellano le perfezioni del negativo.

In alcuni casi le caratteristiche dell'oggetto da replicare sono tali che è possibile evitare di costruire una vera e propria madreforma di gesso o resina. Quel che serve non è altro che



**Fig. 9 – Silicone realizzato con il metodo delle tavolette di compensato.**



**Fig. 10 – Calco realizzato con il metodo delle tavolette di compensato.**

una struttura di contenimento che impedisca al silicone, prima, e alla resina, poi, di fuoriuscire dalla sagoma desiderata. Un esempio è quello mostrato in figura 8 in cui si può vedere come la camicia sia stata sostituita da una struttura semimobile di compensato. In questo caso saranno le stesse tavole di legno, opportunamente montate, a impedire alla resina di fuoriuscire al momento della realizzazione del positivo (fig. 9; fig. 10).

## **6.2 Il calco di superfici di grandi dimensioni**

Quando la superficie da riprodurre è di grandi dimensioni le difficoltà aumentano in maniera direttamente proporzionale alle dimensioni dell'originale. Anche per questa tipologia di calco proponiamo l'esempio di un lavoro realmente eseguito reso particolarmente difficile dalle caratteristiche della superficie, con zone in sottosquadro estremamente delicate, e dalla inclinazione della stessa, a circa 45° dall'orizzontale. Si tratta di una lastra calcarea di 4x2 metri con il fossile di un ittiosauro<sup>9</sup> quasi completo conservato presso l'abbazia di S. Vittore di Genga (AN) (fig. 11). La presenza di sottosquadri in corrispondenza di zone delicate, come le sclerotiche (fig. 12), e le grandi dimensioni del fossile da riprodurre ha reso necessario un compromesso tra l'utilizzo di un silicone molto elastico ma delicato, e la realizzazione di un negativo resistente e duraturo.

---

<sup>9</sup> de Marinis & Nicosia, 2000; Marino & Sacchi, 2002.





**Fig. 11 – L’ittiosauro conservato presso l’abbazia di S. Vittore di Genga (AN).**

La fase di progettazione si è rivelata fondamentale per la realizzazione di un calco in sicurezza, per la previsione dei tempi di realizzazione soprattutto del negativo, realizzato fuori sede e con il conseguente aggravio di spese per vitto e alloggio di due operatori.



**Fig. 12 – Particolare della sclerotica dell’ittiosauro.**

Prima tra tutte le operazioni, è stato testato l’elastomero silconico su un campione di roccia preso nello stesso luogo del ritrovamento del reperto (fig. 13). Oltre all’elastomero è stato testato l’agente tixotropizzante che rende la gomma silconica meno fluida e le impedisce di colare al di fuori della superficie da replicare.



**Fig. 13 – L’elastomero siliconico viene testato su un campione di roccia preso nello stesso luogo del ritrovamento dell’Ittiosauro di Genga.**

silicone. Ogni strato viene lasciato polimerizzare prima di ricoprirlo con lo strato successivo. In questo caso il colore del silicone gioca un ruolo importante nel controllo degli spessori degli strati: in ogni passaggio di silicone questo viene colorato in maniera differente in modo da verificare più facilmente che lo spessore sia costante. La variazione di colore del



**Fig. 14 – La lastra viene pulita dalla polvere e da ogni impurità.**

silicone viene ottenuta per aggiunta di pigmenti, come terre naturali o ossidi di ferro, e non di coloranti industriali. Lo strato di silicone a contatto con l’originale dovrebbe essere sempre privo di pigmenti perché questi potrebbero macchiarne irrimediabilmente la superficie. Nel nostro caso, data

Successivamente la lastra è stata pulita con attenzione dalla polvere e ogni eventuale impurità (fig. 14) ed è stata individuata, e segnata su una apposita pellicola trasparente, la porzione da riprodurre su cui distribuire uno spessore maggiore di gomma siliconica, e la posizione esatta delle ossa dato che una volta coperto il tutto con il silicone non sarebbe più stato possibile individuarle con certezza. Prima di iniziare la realizzazione vera e propria del negativo sulla lastra è stato passato un sottile velo di distaccante spray (fig. 15).

Nei lavori di grandi dimensioni si procede spesso alla realizzazione del negativo passando in sequenza più strati di



**Fig. 15 – Sulla lastra viene passato il distaccante.**

resina poliestere. La resina poliestere è un materiale comodo per realizzare madreforma perché leggero ma il suo utilizzo è spesso difficile e rischioso.

Anche la seconda mano è stata con silicone non pigmentato ma questa volta lo spessore scelto è stato più elevato, uno o due millimetri circa, rispetto a quello della prima mano ed è stato utilizzato una sostanza tixotropizzante per impedire al silicone di colare verso il basso vanificando il lavoro (fig. 17).

A vulcanizzazione avvenuta si è proceduto all'individuazione delle eventuali bolle d'aria e alla loro apertura (fig. 18) per permettere al silicone della mano successiva di aderire perfettamente alla mano precedente e diventare

l'esperienza acquisita, si è optato di applicare solo in parte questa tecnica, senza differenziare ogni singolo strato di silicone con un colore ma solo alcuni di questi.

A questo punto è stata data la prima mano di silicone, sottile, praticamente trasparente (fig. 16). La mano è stata data a tutta la lastra pur sapendo che le dimensioni del positivo sarebbero dovute essere molto più piccole per comodità di esposizione. Il motivo è che volevamo proteggere il più possibile la lastra, soprattutto durante la fase di realizzazione della madreforma, in



**Fig. 16 – Prima mano di esastomero siliconico.**



**Fig. 17 – Seconda mano di elastometo siliconico con agente tixotropizzante.**

un unico strato si gomma (questa cura nell'individuazione di bolle e imperfezioni ha caratterizzato, in realtà, ogni fase precedente la stesura di un nuovo velo di gomma siliconica). A questo punto era necessario posizionare i limiti della superficie effettiva da riprodurre per procedere alla stesura localizzata delle mani



**Fig. 18 – Individuazione delle bolle d'aria e loro apertura.**





**Fig. 19 – La pellicola di riferimento viene riposizionata per individuare l'area su cui passare la terza mano di elastomero.**

successive di silicone. È stata quindi riposizionata la pellicola di riferimento realizzata all'inizio del lavoro ed è stato disegnato il perimetro di interesse (fig. 19) su cui passare la terza mano.

Alla stesura della terza mano, densa, ancora una volta non pigmentata, e passata esclusivamente all'interno del perimetro sopra citato, è seguito il posizionamento dei tasselli

di riferimento preventivamente preparati (fig. 20). I tasselli, dei veri e propri repere, servono per rendere solidale il negativo con la madreforma e fare in modo che prendano la posizione corretta e non si spostino l'uno rispetto all'altra durante le fasi di realizzazione del positivo.

La quarta mano, rinforzata con garza, è stata data ancora una volta con silicone liquido reso tixotropico con agente apposito, colorato con pigmenti naturali, gialli (fig. 21) e a questa è seguita una quinta mano con stesso tipo di silicone ma colorato con tonalità più scure di giallo (fig. 22). La sesta e ultima mano, per coprire e ispessire in maniera omogenea lo strato di gomma siliconica, è stata data con un elastomero in pasta, spalmabile con le mani.



**Fig. 20 – Tasselli di riferimento posizionati sulla terza mano di elastomero siliconico.**



**Fig. 21 – Quarta mano di elastomero rinforzata con garze. L’elastomero è stato colorato con pigmento naturale giallo**

A questo punto è stato preparato il fossile per la realizzazione della camicia in resina poliestere coprendo e mettendo in sicurezza tutta la struttura. Mentre la gomma siliconica, una volta vulcanizzata, si toglie, in genere, abbastanza facilmente da un supporto rigido come la lastra di roccia su cui è conservato il fossile, la resina poliestere si toglie con



**Fig. 22 – Quinta mano di elastomero colorato con tonalità più scure di giallo.**

estrema difficoltà e spesso mettendo a rischio l'integrità dell'oggetto da cui viene tolta. Realizzare un calco perfetto danneggiando l'originale deve essere considerato sempre un grave insuccesso.

La madreforma è stata realizzata in resina poliestere anziché in gesso. Una madreforma in gesso, oltre che risultare estremamente pesante e per nulla maneggevole, avrebbe potuto danneggiare con il suo stesso peso le delicate strutture del fossile dell'ittiosauro.

Date le grandi dimensioni della lastra, il rischio era che la madreforma, una volta realizzata, si deformasse facilmente, per questo motivo si è pensato di dargli uno spessore e



**Fig. 23 – Struttura perimetrale realizzata per dare spessore alla madreforma.**

di rinforzarla internamente con strutture adeguate. Per dare uno spessore alla madreforma era necessario creare un bordo su cui applicare la vetroresina. Diversi sono i metodi utilizzabili. È stato scelto, per semplicità, di utilizzare una fascia di cartone dello spessore desiderato, appositamente fissata (fig. 23).

Prima dell'inizio della fase di realizzazione della madreforma la superficie del silicone è stata accuratamente controllata per verificare l'assenza di sottosquadri e altri tipi di imperfezione (fig. 24). Effettuato tale controllo è stata data la prima mano di resina, non caricata e non colorata, con tessuto di lana di vetro a grammatura leggera appositamente tagliata e preparata. Sia la preparazione della lana di vetro, sia la sua messa in posto e la successiva impregnazione con la resina devono essere effettuate con estrema cautela e seguendo norme di sicurezza definite. È indispensabile utilizzare tute protettive a copertura completa e maschere con filtri adatti a proteggere dalle polveri di vetro e dai gas nocivi della resina poliestere (fig. 25).



**Fig. 24 – Prima della realizzazione della madreforma la superficie viene accuratamente controllata per verificare l’assenza di sottosquadri e imperfezioni.**



**Fig. 25 – Sia la preparazione della lana di vetro, sia la sua messa in posto e la successiva impregnazione con la resina devono essere effettuate con estrema cautela e seguendo norme di sicurezza definite .**





**Fig. 26 – Preparazione della resina in piccole quantità. Il materiale viene sempre accuratamente pesato con una bilancia di precisione.**

Sia la resina che il silicone, nel caso di calchi di grandi dimensioni, devono essere preparate a piccole dosi (fig. 26) perché i tempi di reazione sono in genere più brevi dei tempi necessari per la lavorazione e per la corretta distribuzione dei materiali. È quindi necessario munirsi di una bilancia di precisione per assicurarsi che ogni volta la miscela resina-reagente o silicone-reagente sia la stessa. A volte anche solo un grammo in più di reagente può portare ad una reazione talmente anticipata da non riuscire neanche a colare il prodotto. Altre volte il prodotto può avere sì il tempo di essere versato ma non di essere distribuito correttamente e questo può mettere a rischio l'intero lavoro.

Per assicurare alla struttura una resistenza adatta al tipo di sollecitazioni previste per una

madreforma, anche le mani di resina con rinforzo in lana di vetro, come per la gomma siliconica, sono state multiple e per fasi successive (fig. 27). Valutata sufficientemente resistente dopo la quarta mano, la struttura è stata ulteriormente rinforzata internamente con appositi tubi di materiale plastico (fig. 28). A operazione finita, a reticolazione avvenuta, e dopo un tempo relativamente lungo di riposo (anche due giorni a volte) la madreforma è stata tolta (fig. 29). Per scrupolo e per



**Fig. 27 – Prima mano di resina poliestere.**



**Fig. 28 – La madreforma viene rinforzata internamente.**

un miglior aspetto dell'opera si è preferito riempire la madreforma con resine poliuretaniche in modo da rinforzare ulteriormente la camicia e impedire torsioni o deformazioni generiche. In questo modo il lavoro è risultato comunque più “pulito” e la madreforma più facile da maneggiare.

Il silicone a questo punto è stato staccato dall'originale (fig. 30). Questa operazione richiede un certo grado di manualità e

molta molta pazienza. Più il silicone è spesso e più serve attenzione durante le operazioni di sformatura. Eventuali sottosquadri devono essere affrontati con attenzione e spesso è necessario provare a togliere il silicone da più direzioni, gradualmente e con il massimo scrupolo (fig. 31; fig. 32). Qualsiasi movimento brusco può mettere a rischio l'integrità fisica del reperto. A questo punto tutti i nodi vengono al pettine e solo se la programmazione delle operazioni di replica è stata fatta correttamente non si trovano difficoltà. Gli imprevisti tuttavia sono sempre possibili e in questo caso si deve essere pronti, per salvare l'originale, a sacrificare il negativo anche se costato giorni di lavoro.



**Fig. 29 – La madreforma viene sollevata e tolta dal negativo.**



**Fig. 30 – Il negativo viene staccato con cura dall’originale.**



A questo punto l’originale è stato abbandonato ma non prima di aver scattato tutta una serie di foto del fossile (stesse foto erano state fatte all’arrivo sul posto), sia per documentare l’effettiva integrità del reperto a lavoro ultimato, sia per raccogliere quanti più dati possibili sulle caratteristiche cromatiche del fossile e dei suoi elementi in particolare. Queste ultime foto sono risultate fondamentali durante le fasi di maquillage non potendo avere a disposizione l’originale per il confronto.

**Fig. 31 – Le operazioni di distacco del negativo dall’originale sono spesso delicate e impegnative.**





**Fig. 32 – Il negativo viene staccato da una delle parti più delicate del fossile, la porzione anteriore con le delicate sclerotiche conservate integre.**



**Fig. 33 – Le foto dell'originale vengono studiate con attenzione prima di procedere alla fase di realizzazione del calco vero e proprio.**

Per quanto riguarda il positivo, la prima fase è stata quella di analizzare con attenzione le foto scattate all'originale (fig. 33) ed effettuare prove dei materiali e delle pigmentazioni (fig. 34). In questo caso è stata scelta come soluzione quella di colorare direttamente la resina e di colorare in modo differente la resina colata in corrispondenza delle ossa (fig. 35; fig. 36) e quella colata in corrispondenza della roccia inglobante (fig. 37).



**Fig. 34 – Prima di realizzare il positivo vengono effettuate prove dei materiali e delle pigmentazioni.**



**Fig. 35 – La resina appositamente colorata viene colata esclusivamente nelle zone corrispondenti alle ossa dell'ittiosauro.**



**Fig. 36 – Per individuare le zone all'interno delle quali passare la resina vengono studiate con attenzione le foto dell'originale.**



**Fig. 37 – Una volta passata la resina con il colore corrispondente a quello delle ossa dell'ittiosauro si procede a stendere la resina con il colore della roccia inglobante il reperto stesso.**

Individuata la procedura corretta e messa a punto la miscela adatta tra resina e pigmento si è proceduto alla valutazione della quantità totale di resina da utilizzare e alla preparazione della



**Fig. 38 – Per dare spessore al calco viene costruito un bordo di argilla su cui verrà passata la resina.**

resina. Questa volta si è preferito utilizzare l'argilla anziché il cartone. È stato quindi costruita una parete di argilla lungo tutto il perimetro dell'area da riprodurre (fig. 38). A questo punto sono state date molte mani successive di resina e infine, per rinforzare la struttura, di resina e lana di vetro (fig. 39). Anche in questo caso la prima mano è stata molto sottile poiché da questa dipende la perfezione dei particolari. Saranno infatti le mani successive a dare robustezza al positivo.

Come ulteriore rinforzo sono stati utilizzati tubi in materiale plastico ancorati saldamente alla struttura (fig. 40) e il tutto è stato immerso in schiuma poliuretanica espansa (fig. 41). A positivo ultimato, questo è stato sformato dal negativo per procedere alle operazione di maquillage (fig. 42).

stessa. Volta per volta sono state infatti prelevate piccole quantità di materiale e a queste è stato aggiunto il catalizzatore. In questo modo sarebbe stata assicurata una corretta uniformità cromatica a tutta la superficie.

Per dare spessore al positivo è stato necessario, come nel caso del negativo, creare un bordo su cui distribuire la



**Fig. 39 – Preparazione del bordo in vetroresina.**





**Fig. 40 – Strutture di rinforzo del positivo.**



Le fasi di realizzazione sia del negativo che del positivo sono state lunghe ma altrettanto lunghe sono state le fasi di maquillage del calco (fig. 43).

Nelle immagini che seguono è possibile vedere il risultato del lavoro, sono state infatti messe a confronto le fotografie del positivo dopo la fase di maquillage (fig. 44) e la fotografia dell'originale (fig. 45). Nella figura 46 è invece mostrato il positivo ultimato, prima della consegna.

**Fig. 41 – Come ulteriore rinforzo il positivo viene riempito di resina poliuretanica espansa.**





**Fig. 42 – Il calco viene liberato dal negativo.**



**Fig. 43 – Maquillage del calco.**



**Fig. 44 – Particolare del positivo dopo la fase di maquillage.**



**Fig. 45 – Particolare dell'originale.**



**Fig. 46 – Il calco prima della consegna.**

### **6.3 Il calco di fossili tridimensionali di piccole dimensioni**

Esistono differenti metodi per realizzare calchi di oggetti tridimensionali, il tipo di procedura che analizziamo in questo paragrafo si usa in genere per oggetti di piccole dimensioni e di forma semplice.

Prendiamo come esempio un calco realmente eseguito e seguiamo passo passo le fasi da percorrere. Il calco realizzato con questa tecnica è quello di una ammonite di piccole dimensioni. Il fossile è stato ricoperto con un primo strato di silicone liquido. A vulcanizzazione avvenuta, con un taglierino sono state tolte le parti in eccesso di gomma siliconica colata sul piano (si è scelto di non utilizzare sostanze tixotropizzanti). A questa prima mano è stata data una mano successiva di gomma siliconica con agente tixotropizzante e successivamente una terza mano con gomma siliconica in pasta, spalmabile con le mani. Il silicone in pasta è stato dato per uniformare lo spessore della gomma, per togliere eventuali sottosquadri e per rinforzare il punto di appoggio del fossile sul piano, punto in cui la gomma ha necessariamente uno spessore estremamente sottile. A questo punto si è scelta la zona dal quale sfornare l'originale e si è proceduto alla realizzazione di una struttura di gomma siliconica in rilievo utilizzando il silicone plasmabile. La struttura serve in realtà come rinforzo della zona da cui si farà fuoriuscire l'originale che sarà quindi soggetta a sollecitazioni che potrebbero compromettere la struttura del negativo. Sulla struttura in rilievo è stata segnata, con un pennarello, la linea



**Fig. 47 – Sulla struttura in rilievo viene segnato il tratto che dovrà essere inciso dal bisturi per togliere l'originale.**

che verrà seguita dal bisturi per liberare l'originale e che servirà da riferimento e limite per realizzare le due parti della madreforma (fig. 47). Dopo la realizzazione del negativo si è proceduto alla realizzazione della madreforma, in due parti distinte. Inizialmente si è realizzato un primo

guscio versando e modellando gesso mescolato ad acqua sul fossile ricoperto di gomma siliconica e trattato con distaccante. Sul silicone, prima di colare il gesso, è stato messo un tassello di plastilina alto un po' più dello spessore che si voleva di gesso (fig. 48).



**Fig. 48 – Tassello di plastilina collocato sulla gomma siliconica prima della realizzazione della prima valva in gesso.**

Una volta colato il gesso il tassello è stato tolto. Il

foro lasciato nel gesso dalla plastilina servirà per agevolare le operazioni di sformatura. Successivamente, a reazione completata, si è proceduto a pulire e preparare il guscio di gesso per la messa in opera della seconda metà della madreforma. La seconda metà del guscio è stata modellata in modo da lasciare libero il bordo di rinforzo della gomma (fig. 49) e da poter permettere poi, in fase di realizzazione del positivo, l'inserimento, per colata, del materiale scelto. Prima della realizzazione della seconda valva, lungo la futura linea di commessura sono stati realizzati dei buchi ciechi e delle protuberanze per creare





**Fig. 49 – La seconda metà della madreforma è stata modellata in modo da lasciare libero il bordo di rinforzo della gomma.**

una superficie articolata e per fare in modo che le due valve, una volta realizzate, abbiano tra loro una unica posizione di contatto perfetto. I vuoti infatti sono stati poi riempiti dal gesso della seconda valva, lo stesso gesso ha anche abbracciato le protuberanze acquisendo quindi una forma inversa a quella del

primo guscio e creando un sistema maschio-femmina perfetto (fig. 50).

Realizzate le valve della camicia, queste sono state tolte ed è stata praticata una incisione, facendo attenzione a non danneggiare l'ammonite, al centro del bordo rinforzato per quasi tutta la sua lunghezza, lasciando tuttavia nei bordi un



**Fig. 50 – Il sistema di perfetto ancoraggio tra le due valve della madreforma.**

marginale di almeno mezzo centimetro (fig. 51). A questo punto si è proceduto alla sformatura dell'ammonite avendo cura di non lacerare la gomma siliconica in corrispondenza delle estremità del bordo rinforzato.

Tolto l'originale, il negativo è stato riposizionato all'interno delle due calotte di gesso ed è stato preparato il materiale per realizzare il positivo, in questo caso resina poliuretanica. Pronta la resina è stata chiusa saldamente la camicia con nastro adesivo ed è stato aperta la fessura dalla quale l'ammonite è stata liberata (fig. 52). Riempito il negativo

con la resina, per permettere a questa di distribuirsi uniformemente, si è proceduto a ruotare lentamente, in maniera casuale, negativo e madreforma.

A reticolazione avvenuta, il positivo è stato sformato (fig. 53) e colorato conformemente all'originale.



**Fig. 51 - Nella gomma siliconica viene praticata una incisione per togliere l'originale.**



**Fig.52 – All'interno del negativo viene colata la resina.**



**Fig. 53 – il calco viene sformato.**

Altro esempio utile alla comprensione delle diverse tipologie di tecniche utilizzabili per la realizzazione di un calco è quello che di seguito descriviamo. In questo caso l'oggetto da riprodurre è un modello di piccole dimensioni ma molto complesso. Anche in questo caso è stato scelto di realizzare un negativo monoblocco che è stato però poi tagliato in due parti distinte con un bisturi di precisione. Si tratta del calco di un modello di Pareiasauro, un rettile paleozoico le cui impronte sono state trovate nella gola del Bletterbach (BZ). Il modello era un prototipo (fig. 54) da cui bisognava ricavare un oggetto da esposizione.



**Fig. 54 – Il prototipo.**

Il prototipo in gesso è stato ricoperto, come già descritto nell'esempio precedente, da diversi strati di silicone liquido, il primo dei quali senza agente tixotropizzante, i successivi con l'aggiunta di questo agente (fig. 55). Ripulito con un bisturi dal silicone in eccesso, colato sul piano, il modello è stato ricoperto da un ultimo strato di silicone in pasta spalmabile (fig. 56). A questo punto è stata segnata sulla gomma siliconica la linea di separazione delle due calotte del negativo secondo la quale non si creano sottosquadri. Tale linea controllerà anche la linea di commessura tra le due valve della madreforma. Per realizzare il primo dei due gusci della camicia è stata preparata una miscela di gesso e acqua non troppo liquida che è stata spalmata fino a coprire completamente una delle metà del negativo delimitata dalla linea nera sopra descritta (fig. 57). La calotta ottenuta è stata poi pulita, rifinita (fig. 58), e preparata (rinforzata con consolidante e trattata con distaccante) per la realizzazione della seconda parte della madreforma. A questo punto è stata colata la seconda calotta (fig. 59) che è stata modellata e rifinita (fig. 60; fig. 61).

A questo punto le due valve sono state aperte (fig. 62), rinforzate ulteriormente con consolidante, e il prototipo è stato sformato dal silicone con l'aiuto di un bisturi (fig. 63).

Per la realizzazione del positivo, le due valve di silicone sono state spalmate internamente da resina epossidica (fig. 64), sono state richiuse insieme alle due valve della madreforma e sono



**Fig. 55 – Il prototipo in gesso ricoperto di elastomero siliconico liquido senza agente tixotropizzante.**



**Fig. 56 – Il prototipo ricoperto con elastomero siliconico in pasta per uniformare lo spessore di elastomero e per eliminare i sottosquadri.**





**Fig. 57 – Realizzazione della prima parte della madreforma in gesso.**



**Fig. 58 – Rifinitura della prima parte della madreforma in gesso.**



**Fig. 59 – Realizzazione della seconda parte della madreforma in gesso. La prima parte è stata rinforzata con consolidante e trattata con distaccante.**



**Fig. 60 – Rifinitura della seconda parte della madreforma in gesso.**



Fig. 61 – Prima e seconda parte della madreforma.



Fig. 62 – La madreforma viene aperta.





**Fig. 63 – Aperta la madreforma viene liberato il prototipo dal negativo con l'aiuto di un bisturi.**



**Fig. 64 – Posizionate le due parti del negativo all'interno delle rispettive parti della madreforma, viene spalmata resina epossidica all'interno dei negativi.**

state ruotate fino al consolidamento completo della resina. Nello spalmare la resina si deve aver cura di posizionare in corrispondenza del bordo delle due forme una quantità maggiore di resina in modo che le due parti del positivo si saldino uniformemente.

A consolidamento avvenuto, il positivo è stato sformato (fig. 65; fig. 66), rifinito e colorato.



**Fig. 65 – Consolidata la resina epossidica, il positivo viene sformato.**



**Fig. 66 – Il positivo viene sformato.**

## 6.4 Il calco di fossili tridimensionali di grandi dimensioni

Quando si vuole raggiungere il massimo della precisione e quando l'oggetto da replicare è più complesso o di grandi dimensioni, è preferibile seguire una procedura differente, è preferibile cioè realizzare in più pezzi sia la madreforma che il negativo. Nel caso che vedremo è stata utilizzata questa tecnica pur essendo l'originale un pezzo



**Fig. 67 – Propulsore in osso proveniente da Bruniquel (Francia).**

piuttosto semplice. Si tratta del calco, non di un originale ma a sua volta di un calco, di un propulsore in osso proveniente da Bruniquel, in Francia (fig. 67).

Prima di cominciare il lavoro vero e proprio di produzione del negativo è stato necessario studiare attentamente l'originale e individuare la linea potenziale, o le linee, di separazione dei singoli pezzi del negativo e tutti i possibili sottosquadri correlati. La progettazione delle parti di negativo da realizzare è una operazione che porta via molto tempo e che deve essere affrontata valutando tutte le possibilità e scegliendo quella ovviamente più adatta all'oggetto da replicare, con il numero minimo di pezzi. Nel nostro caso la scelta di come strutturare le

due parti era piuttosto semplice.

Individuata la linea di giunzione tra i pezzi, si è proceduto ad inglobare l'originale con argilla in modo che rimanesse esposta esclusivamente la porzione corrispondente a una delle parti definite durante lo studio del pezzo. Attorno al perimetro sono stati incisi dei canali e dei veri e propri buchi in modo da creare dei marker tra il silicone che è stato successivamente spalmato sull'oggetto e sulla argilla incisa e il silicone che in fase ancora successiva è spalmato per la realizzazione del pezzo di negativo adiacente. Ultimata la preparazione dell'argilla si è proceduto a creare, con una fascia di cartone appositamente sagomata, una barriera di contenimento per la gomma siliconica e, successivamente, per la madreforma di gesso (fig. 68).



A questo punto si è passato alla realizzazione del negativo. La scelta migliore, per avere un negativo senza imperfezioni, sarebbe stata utilizzare gomma siliconica liquida colata all'interno della cassaforma ma per questioni puramente didattiche, e per maggior rapidità di vulcanizzazione, si è preferito utilizzare



**Fig. 68 – Il propulsore pronto per la realizzazione della prima parte del negativo.**



**Fig. 69 – L'elastomero siliconico viene spalmato a mano sul propulsore.**

Ripuliti accuratamente sia l'oggetto, sia la gomma siliconica (fig. 71) su quest'ultima è stato distribuito un sottilissimo velo di distaccante.

Per la realizzazione della seconda metà di negativo è stato utilizzato ancora una volta silicone in pasta (fig. 72) e, per la camicia, previa preparazione di una nuova cassaforma

silicone in pasta, più difficile da utilizzare.

Spalmato a mano il silicone (fig. 69) sono stati modellati sulla superficie, con il silicone in pasta, strutture di registro, in rilievo, per rendere solidali tra loro negativo e madreforma. Avvenuta la vulcanizzazione è stato colato, all'interno della cassaforma, gesso a presa rapida per realizzare la prima parte della madreforma.

Per la preparazione della seconda metà del negativo e della camicia, è stata tolta la cassaforma in cartone, ripulito e rifinito il gesso e tolta l'argilla dal propulsore (fig. 70).



**Fig. 70 – Viene tolta l'argilla dal propulsore.**



**Fig. 71 – Sia l'oggetto che la gomma siliconica vengono ripuliti accuratamente dall'argilla.**



**Fig. 72 – Realizzazione della seconda metà del negativo con gomma siliconica in pasta.**





**Fig. 73 – Seconda metà della madreforma e struttura di contenimento in cartone.**

in cartone, gesso a presa rapida (fig. 73). Nella fase successiva il propulsore è stato tolto dal negativo (fig. 74, fig. 75). Per la preparazione del positivo è stata versata resina poliesteri sulle due metà del negativo che sono state riassemblate appena la resina ha cominciato a gelificare. Per permettere



**Fig. 74 – Il propulsore viene sformato.**

una buona fusione delle due metà del calco, il blocco negativo-madreforma è stato ruotato in più direzioni per distribuire uniformemente la resina.

A questo punto il nuovo calco è stato sformato (fig. 76) ed è stato prima rifinito e poi colorato.



**Fig 75 – Il propulsore appena sformato e le due parti della madreforma e del negativo.**



**Fig. 76 – Il propulsore e il suo calco in resina ancora da sformare.**

## 6.5 Il calco monouso

È una tecnica per effettuare calchi piuttosto particolare perché presuppone la distruzione sia dell'originale che del negativo, per questo motivo non viene di norma utilizzata per riprodurre fossili. Nel caso che vedremo è stata utilizzata per realizzare un modello in vita di una ammonite.

È stato preso un cefalopode attuale, posizionato opportunamente in una apposita cassaforma e vi è stata colata sopra gomma siliconica liquida. A vulcanizzazione avvenuta il cefalopode è stato estratto ed il vuoto lasciato è stato riempito con resina liquida adeguatamente pigmentata. A questo punto l'unica maniera per salvare integra la riproduzione di resina era quella di procedere alla rimozione scrupolosa, pezzetto per pezzetto, tramite piccoli bisturi, della gomma siliconica (fig. 77), facendo attenzione a non spezzare le delicate strutture dell'opera realizzata (fig. 78). Come ultima fase, il calco è stato assemblato con il calco di un guscio fossile di ammonite e il tutto è stato colorato adeguatamente (fig. 79).



**Fig. 77 – La gomma siliconica viene rimossa pezzetto per pezzetto con l'ausilio di un bisturi.**



**Fig. 78 – Il calco del cefalopode quasi completamente liberato dall’elastomero siliconico.**



**Fig. 79 – Calco assemblato con il calco di un guscio fossile di ammonite, il tutto opportunamente colorato.**

Dopo aver esaminato i materiali e i metodi utilizzabili per ottenere calchi scientifici di qualità adeguata si è passati all’analisi di alcuni reperti delle collezioni paleontologiche dell’APAT, e cioè all’analisi dello stato di conservazione di alcuni calchi e di alcuni reperti e all’analisi di fattibilità di calchi di esemplari di pregio particolare.

## 7 ALCUNI CASI DALLA COLLEZIONE APAT

In questo capitolo sono analizzati alcuni casi reali come esempi di interventi possibili (e auspicabili), sono inoltre analizzati alcuni calchi, realizzati in passato e conservati nelle collezioni, per valutarne lo stato di conservazione e la qualità.

Molti dei reperti conservati nelle collezioni paleontologiche dell'APAT sono stati raccolti alla fine del 1800; il primo nucleo, formatosi a Firenze nel 1869, venne trasferito a Roma nel 1873 presso il Reale Comitato Geologico, poi diventato, Servizio Geologico d'Italia e ancora successivamente passato alla Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici.

Tra il materiale delle collezioni sono stati scelti alcuni esemplari come campione. In particolare sono stati scelti tre calchi, già realizzati dall'APAT, per l'individuazione delle metodologie utilizzate, l'analisi critica del lavoro e lo studio dell'effetto del tempo sul materiale adoperato, e sette pezzi della collezione donata nel 1874 da Giulio Curioni al Reale Comitato Geologico, per l'analisi e per l'individuazione delle difficoltà correlate alla realizzazione di un loro eventuale calco.

Si tratta di fossili di rettili (Iarosauri) e pesci del Triassico medio, estratti alla fine del secolo scorso rispettivamente dai ben noti giacimenti di Perledo (Lecco) e Besano (Varese). I rettili di Perledo rappresentano la collezione più importante dal punto di vista numerico, sia per l'Italia che per l'estero. I reperti furono originariamente illustrati da Curioni<sup>10</sup> e da altri studiosi e descritti in dettaglio nella estesa monografia di Peyer<sup>11</sup> del 1933-1934 (traduzione in italiano del 1989 a cura di F. Angelelli<sup>12</sup>). I pesci osteitti, rinvenuti insieme ai rettili nello stesso giacimento di Perledo e nel giacimento di Besano, furono descritti dettagliatamente da De Alessandri nella monografia "Studii sui pesci triasici della Lombardia"<sup>13</sup>.

### 7.1 I calchi

Tra i calchi presenti nelle collezioni ne sono stati scelti tre come esempio e come base per affrontare alcune problematiche che si possono presentare durante la realizzazione di un calco e alcune tipologie di difetti che è necessario saper riconoscere ed evitare.

---

<sup>10</sup> Curioni, 1847; Curioni, 1863.

<sup>11</sup> Peyer, 1934.

<sup>12</sup> Peyer, 1934, traduzione a cura di Angelelli, 1989.

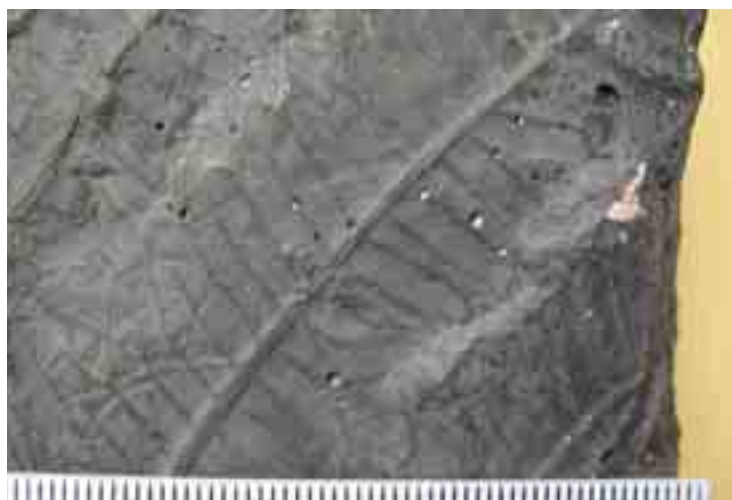
<sup>13</sup> De Alessandri, 1910.



► Come primo esempio prendiamo in esame il calco di un vegetale fossile del Carbonifero, *Alethopteris pteroides* Brognart (parataxon), proveniente dalla Germania (Zwischau) indicato nella collezione con il numero 20135.P (l'originale è inventariato con il numero 17459.P). Sul pezzo originale (fig. 80) è incollato un cartellino riportante il numero 286 che identifica le collezioni di vegetali della Germania conservate nel museo dell'APAT. L'esemplare fa parte delle collezioni del Servizio Geologico d'Italia fin dalla seconda metà del 1800. Il calco è stato effettuato nel 1989. Non è stato possibile raccogliere informazioni più precise né è stato possibile individuare il



**Fig. 80 - *Alethopteris pteroides* Brognart (parataxon).**



**Fig. 81 - Buchi nel positivo dovuti a bolle d'aria. La vernice grigia non è penetrata all'interno delle depressioni. A destra è visibile una rottura del calco che lascia intravedere il colore bianco del gesso.**

negativo realizzato per la copia di tale fossile. Il positivo è in gesso e osservandolo con attenzione si possono osservare numerosi piccoli buchi (fig. 81) dovuti alla presenza di bolle d'aria emulsionate durante il miscelamento del gesso in polvere con l'acqua. La non espulsione delle bolle, fase che si effettua per via meccanica, ha reso il positivo imperfetto.

Per quanto riguarda il maquillage possiamo dire che questo non è stato curato adeguatamente poiché le differenze ben evidenti tra impronta delle foglie, grigio antracite, e matrice, grigio scuro, non sono state per nulla messe in evidenza. Chi ha realizzato il calco si è infatti limitato a colorare il pezzo con un grigio che però non rispecchia molto il colore della roccia (fig. 82). Il colore, inoltre, è stato dato a pennello su gesso bianco. La soluzione di colorare il gesso dopo il termine della reazione chimica con l'acqua non è





**Fig. 82 – Originale e calco a confronto.**

solitamente vantaggiosa poiché se il pezzo subisce anche piccole rotture, queste risultano immediatamente visibili, come si può notare osservando il calco in esame (fig. 81). Quando invece viene colorato il materiale all'origine, mescolando per esempio pigmenti al gesso in polvere, le piccole rotture o le sbeccature del pezzo

rimangono praticamente invisibili. Nel nostro caso, oltre a vedersi le parti danneggiate, c'è un altro aspetto che va messo in evidenza e cioè che la colorazione del gesso a reazione ultimata ha reso molto meno precisa la replica (e questo non è accettabile per un calco scientifico) poiché la mano di colore, che ha uno spessore non trascurabile per questa tipologia di fossili da riprodurre, ha cancellato molte delle strutture delle foglie, ben visibili invece nell'originale (fig. 83).



**Fig. 83 – Un particolare dell'originale e del calco messo a confronto. La mano di colore ha cancellato o reso poco leggibili molti particolari.**

Osservando attentamente il calco sono poi visibili molto chiaramente le tracce delle pennellate e questo dimostra una non perfetta realizzazione del lavoro. Anche con la tecnica della colorazione successiva è infatti possibile arrivare ad ottenere una pigmentazione molto prossima a quella dell'oggetto originale senza mascherare i particolari e senza lasciare traccia dello strumento utilizzato.

► Come secondo caso analizziamo il calco del fossile inventariato con il numero 4423.P e realizzato nel 1989. Si tratta del fossile di un Paratipo di *Lariosaurus balsami* Curioni 1847, un rettile del Triassico trovato a Perledo, in provincia di Lecco (fig. 84).

Nell'originale il calco è stato inglobato in un materiale grigio chiaro, forse gesso o cemento. Il calco è a tutto tondo, è stata cioè curata la replica sia della faccia principale, mostrante lo scheletro del rettile, sia della faccia secondaria, mostrante una finestra nella roccia, scavata fino a raggiungere alcune delle vertebre dell'animale.

Si tratta di un calco in resina. Non è ben chiaro se si tratta di resina poliestere o epossidica ma dato il colore è più probabile la prima delle due ipotesi. La resina, giallo



**Fig. 84 - Paratipo di *Lariosaurus balsami* Curioni 1847.**

chiara semi-trasparente è stata colorata successivamente, dopo la reticolazione. Prima è stato dato il colore antracite simile a quello del fossile, poi è stato dato il colore grigio chiaro del materiale inglobante ma l'operazione non è stata portata a termine con molta cura tanto che non solo il grigio chiaro non ha affatto la tonalità corretta ma sono anche evidenti le tracce delle pennellate e, cosa ancora più grave, il limite tra la vernice chiara e quella antracite non è assolutamente netto e ben definito come dovrebbe (fig. 85). Anche lo spessore del calco è differente rispetto a quello dell'originale, questo è infatti di circa 1,3 centimetri mentre nell'originale è di circa un centimetro in più. Tra le imperfezioni del calco possiamo aggiungerne un'altra: notate il riempimento con il gesso di un buco nella

lastra originale che non è stato invece messo in evidenza da chi ha eseguito il lavoro tanto che lo ha pitturato di nero come tutta la lastra invece di evidenziarlo con il grigio (fig. 86).

Per quanto riguarda la gomma è stato utilizzato un elastomero siliconico per colata. Attorno alla lastra è stata realizzata una parete di argilla alta pochi centimetri per permettere al silicone di coprire completamente il reperto senza disperdersi sul piano di appoggio. Tracce di questa argilla sono ancora evidenti sul silicone (fig. 87).

Una frattura nella lastra originale, non stuccata con il gesso, è stata riempita con argilla, da chi ha lavorato al calco, per impedire al silicone di infilarci nella fessura e provocare danni irreparabili all'originale. L'operatore ha poi però tralasciato di rimuovere, a lavoro finito, le tracce del suo operato, ha infatti lasciato il riempimento di argilla senza ripulirlo. Nel negativo il riempimento di



**Fig. 85 – Imperfezioni nella distribuzione del colore nel calco.**



**Fig. 86 – Un particolare dell'originale e del calco messo a confronto.**



**Fig. 87 – Tracce di argilla utilizzata per la realizzazione del negativo.**

argilla è ben evidente (fig. 88).

È interessante notare gli effetti del tempo sul materiale utilizzato per la realizzazione del negativo. Si tratta, come già detto, di elastomero siliconico che ha perso notevolmente la sua elasticità originale diventando inoltre estremamente delicato e sensibile agli sforzi e alle deformazioni. Una semplice trazione laterale sarebbe in



**Fig 88 – Impronta, sul silicone, di una frattura dell'originale stuccata con argilla.**

grado di spezzare il negativo danneggiandolo irreparabilmente. Nel fare una copia con questo silicone bisognerebbe fare estremamente attenzione alla sformatura perché potrebbe rompersi soprattutto nelle parti in corrispondenza delle vertebre, parti cioè dove l'impronta è più profonda. Il fatto che lo spessore del silicone sia elevato rende comunque il negativo più facilmente maneggevole. Il più importante effetto del tempo, tuttavia, non è l'alterazione dell'elasticità quanto piuttosto la riduzione in dimensione della gomma siliconica. Su una lunghezza di 42 centimetri e una larghezza di 27 il negativo ha subito un





**Fig 89 –** Negativo, in gomma siliconica, e madreforma, in gesso. Lo spazio tra il negativo e la madreforma si è venuto a creare a causa del raccorciamento del primo.

raccorciamento di circa 1 centimetro sia sul lato lungo che su quello corto e quindi una riduzione lineare rispettivamente del 2,4% e del 3,7% (fig. 89).

Per quanto riguarda la madreforma, al momento in buone condizioni, questa è stata realizzata in gesso ed è resistente e solida anche

se sovradimensionata. Rispetto alla lunghezza e alla larghezza del silicone la madreforma è infatti più grande di ben 6 centimetri cosa che può creare problemi al momento dello stoccaggio del materiale poiché molto più ingombrante del dovuto.

► Ultimo tra i casi presi come esempio è quello del fossile inventariato con il numero 4427.P, e del suo calco, inventariato con il numero 4441.P, e realizzato, come negli esempi già visti, nel 1989 (fig. 90). Si tratta anche in questo caso del fossile di un *Lariosaurus balsami* Curioni 1847, trovato a Perledo, in provincia di Lecco, in rocce del Triassico. L'originale è conservato su una sottile lastra di colore nero, inglobata, per questioni di sicurezza e conservazione, in una lastra di gesso o cemento grigio chiaro colorata successivamente di nero.

Il positivo è stato realizzato in resina, probabilmente poliestere, di



**Fig. 90 -** *Lariosaurus balsami* Curioni 1847. Dall'alto: originale e calco.



**Fig. 91 – Il gesso e la resina, inizialmente a contatto, con il tempo si sono staccati lasciando uno spazio di circa un millimetro.**

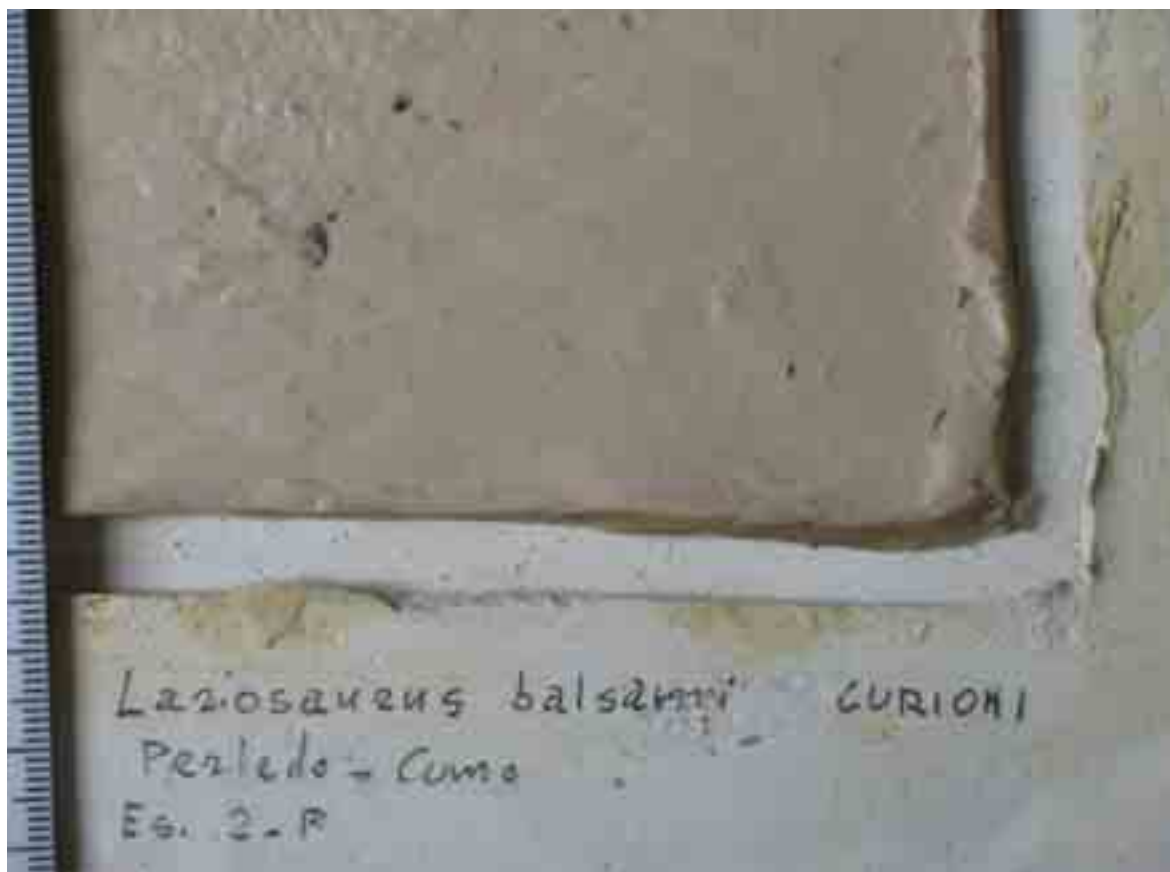
colore giallo semi-trasparente. Le modalità di esecuzione sono piuttosto particolari. È stato colato uno strato sottile di resina sul negativo poi il tutto è stato inglobato in gesso bianco successivamente colorato insieme alla resina. Il gesso e la resina, inizialmente a contatto, con il tempo si sono staccati lasciando uno spazio, visibile per tutto il contorno della lastra, di almeno 1 millimetro (fig. 91). Per

quanto riguarda la qualità del positivo, questo non è particolarmente buona, non tanto per il distacco delle parti appena descritto, quanto piuttosto per la presenza, sulla superficie, di moltissimi buchi più o meno piccoli e per le numerose ed evidenti tracce delle pennellate lasciate durante la fase di pigmentazione del pezzo.

Per quanto riguarda il negativo, questo è estremamente sottile, appena 4 millimetri, e ciò lo rende molto delicato, soprattutto adesso che le caratteristiche fisiche e meccaniche della gomma siliconica si sono alterate. Come nell'esempio appena descritto, anche in questo caso il materiale ha modificato pesantemente le sue caratteristiche di elasticità e deformabilità.

Dato che le caratteristiche dei materiali sono destinate a modificarsi nel tempo, sebbene con modalità e tempistiche differenti a seconda della qualità del prodotto, sarebbe stato opportuno realizzare il negativo con spessore maggiore e rinforzarlo internamente con una armatura di garza o altro materiale appropriato. Anche in questo caso le dimensioni si sono ridotte passando da 34 centimetri a 33 di lunghezza e da 22,2 centimetri circa a 21,2 di larghezza con una riduzione rispettivamente del 2,9% e del 4,5% (fig. 92).





**Fig. 92 – Negativo e madreforma. È ben evidente il raccorciamento subito dal primo.**

Attualmente il negativo è inutilizzabile poiché la superficie con l'impronta del fossile risulta deformata. Sulla superficie infatti deve essere stato appoggiato per molto tempo un oggetto con un pattern in rilievo che ha lasciato una serie ripetuta e regolare di impronte sul silicone (fig. 93).

La madreforma anche in questo caso risulta sovradimensionata ma il problema non è tanto nella camicia quanto nella realizzazione del negativo. Il calco infatti riproduce l'originale ma anche un pezzo del gesso della camicia. In questo caso, l'autore della replica non ha posizionato nel luogo corretto la struttura che viene realizzata per contenere la resina quando viene colata.



**Fig. 93 – deformazione della superficie del negativo.**

## 7.2 I fossili

Per quanto riguarda i fossili analizzati, si tratta di pesci perfettamente conservati che spesso vengono prestati, per la loro bellezza e per l'importanza scientifica, a mostre temporanee ed esposizioni. In questo caso sono stati analizzati i singoli pezzi e sono stati individuati i potenziali problemi nella realizzazione dei calchi di tali pezzi.

► Come primo esempio analizziamo il reperto inventariato con il numero 1919.P (fig. 94). Si tratta dell'impronta di due esemplari di *Pholidophorus oblungus* Bellotti 1857, trovati a Perledo (Lecco). La lastra su cui sono conservati i fossili, che



Fig. 94 - *Pholidophorus oblungus* Bellotti 1857.

ha una lunghezza di circa 150 millimetri e una larghezza di 80 e uno spessore di appena 2,5 millimetri, è finemente laminata e presenta una linea di frattura che la divide in due parti (fig. 95). I due pezzi sono tenuti insieme da un velo di colla trasparente.

La difficoltà maggiore per la realizzazione di un calco di questo reperto è rappresentato principalmente dalla presenza della frattura, all'interno della quale l'elastomero siliconico potrebbe penetrare creando difficoltà durante la sformatura e aumentando notevolmente il rischio di rottura dell'originale. Lo spessore della, ridotto, lastra aumenta ovviamente il rischio di rottura, per questo motivo le operazioni dovrebbero essere portate a termine con la



Fig. 95 – La frattura che taglia in due la lastra.

massima cura ed attenzione cercando di non sollecitare la lastra e di non sottoporla a inutili e pericolosi sforzi. Sarebbe opportuno assicurarsi che non ci siano nella fessura sottosquadri e che ogni parte sia a fondo cieco. Nel caso di parti passanti o di sottosquadri sarebbe opportuno riempire la porzione interessata con un materiale reversibile quale può essere per esempio l'argilla. Questa infatti può essere eliminata facilmente per via meccanica e con l'aiuto di un batuffolo di cotone umido. In questo modo si impedirebbe all'elastomero di penetrare in profondità e sarebbe poi possibile restituire la lastra nelle stesse condizioni in cui è stata consegnata.

► Come secondo esempio analizziamo una lastra di dimensioni 240x100x6 millimetri con l'impronta di un esemplare di *Heterolepidotus serratus* Bellotti 1857, del Triassico, inventariato con il numero 4435.P (fig. 96). La lastra mostra in sezione una fitta serie di



**Fig. 96 - *Heterolepidotus serratus* Bellotti 1857**

lamine sottili in corrispondenza di una delle quali la stessa si è divisa in due parti, successivamente incollate. Oltre alla superficie di distacco parallela all'andamento delle lamine sono presenti tre linee di frattura che tagliano la superficie principale con l'impronta fossile in quattro differenti porzioni, successivamente incollate.

Come nell'esempio precedente, la difficoltà di realizzare il calco di questo reperto è legata principalmente alla presenza di fratture importanti e alla delicatezza del reperto stesso. Il fossile infatti si trova su una superficie molto sottile e fisicamente staccata dal corpo totale del pezzo. Qualsiasi tensione o sforzo durante la sformatura potrebbe determinare la rottura del livello in questione. Inoltre, una preparazione non adeguata del pezzo prima della messa in posto dell'elastomero siliconico liquido potrebbe causare una infiltrazione di questo all'interno della fessura intralaminare e causare il distacco definitivo delle due parti se non addirittura la rottura della parte con il fossile, la più sottile.

Da non trascurare sono poi anche le caratteristiche fisiche del fossile. Come si può osservare dalla fotografia, il fossile è strutturato su due livelli differenti, ha cioè uno

spessore. Su gran parte della superficie il fossile vero e proprio si è staccato ed è andato perduto lasciando come testimone solamente l'impronta dell'animale con le sue squame (fig. 97). Il pericolo è che il silicone si infiltri all'interno di questa superficie di discontinuità e che durante le fasi di



**Fig. 97 Particolare del fossile.**

distacco del negativo dall'originale si forzi in corrispondenza di questo corpo sottile di roccia e se ne provochi il distacco danneggiando il fossile.

► Come terzo esempio abbiamo l'esemplare con numero di inventario 1918.P (fig. 98). Si tratta di un esemplare di *Allolepidotus ruppelli* (Bellotti 1857).

Fino ad adesso rappresenta il pezzo meno a rischio anche se uno studio appropriato andrebbe comunque condotto con attenzione per capire se non vi sia una reale fragilità della superficie del fossile mascherata dalla apparente robustezza della lastra su cui il fossile stesso è conservato. Spesso, infatti, i fossili conservati su sedimenti anossici presentano problematiche



**Fig. 98 - *Allolepidotus ruppelli* (Bellotti 1857).**



di conservazione molto rilevanti. Molti dei minerali costituenti la roccia tendono con il tempo, e spesso con l'aiuto dell'umidità, ad alterarsi fortemente mettendo a rischio l'integrità del fossile e la sua conservazione. In questo caso la scelta del materiale da utilizzare per la realizzazione del negativo è importante ma, prima di tutto, diventa importante la decisione di effettuare il calco stesso prima che l'alterazione comprometta il reperto e cancelli dati scientifici unici.

► L'esemplare inventariato con il numero 4431.P è l'olotipo di *Allolepidotus bellottii* Rüppel 1835 (fig. 99). Il fossile è conservato su una lastra nera finemente laminata con dimensioni di 140x80x15 millimetri e caratterizzata da numerose fratture tutte



**Fig. 99 - Olotipo di *Allolepidotus bellottii* Rüppel 1835.**



**Fig. 100 - Un frammento del fossile è stato incollato maldestramente con colla trasparente che ha macchiato la superficie della lastra.**

riempite con calcite ricristallizzata. In corrispondenza del cranio un frammento del fossile è stato incollato maldestramente con colla trasparente che ha macchiato la superficie della lastra (fig. 100). La lamina su cui si conserva il fossile è molto sottile e in prossimità della parte anteriore del corpo mostra una superficie di discontinuità marcata (fig. 101). Questa discontinuità rappresenta, come abbiamo visto nel caso degli altri reperti, un potenziale pericolo per la sicurezza del fossile durante le fasi di replica del fossile stesso e dovrà essere studiata nel dettaglio e testata con attenzione.



**Fig. 101 - Superficie di discontinuità in prossimità della parte anteriore del fossile.**

► L'esemplare 1927.P è conservato su una lastra di 140x130x14 millimetri circa ed è stato attribuito a *Prohalecites porroi* (Bellotti 1857) (fig. 102). La lastra, finemente laminata, ha una struttura resistente sebbene presenti diverse fratture che l'attraversano in varie direzioni. Le fratture sono tutte



**Fig. 102 - *Prohalecites porroi* (Bellotti 1857).**

riempite da calcite ricristallizzata che rende solidali tra loro i vari pezzi. Difficoltà legate alle condizioni della lastra contenente il fossile sembrerebbero non esserci ma questo non escludere l'obbligo di una analisi accurata della roccia e del reperto in se. Inoltre, una



prova della gomma siliconica su una piccola porzione del pezzo da riprodurre, meglio se sul retro, metterebbe comunque al sicuro dal rischio di macchie e incompatibilità di materiali. È ovvio che tale discorso ha una valenza generale e deve sempre essere presa in considerazione la possibilità di testare i materiali su gli oggetti da riprodurre.

► Il reperto 4432.P è un esemplare di medie dimensioni di *Semionotus balsami* Bellotti 1857 (fig. 103). La lastra ha una forma irregolare e dimensioni di circa 170x140x7 millimetri; finemente laminata ha, anche in questo caso, una struttura resistente ed è attraversata da vecchie fratture cementate da



**Fig. 103 - *Semionotus balsami* Bellotti 1857**

calcite ricristallizzata. In prossimità della porzione anteriore del fossile, tuttavia, la lastra mostra un distacco lungo una delle numerose lamine (fig. 104). Tale soluzione di continuità potrebbe rappresentare un pericolo per il reperto durante le fasi di duplicazione e per questo motivo andrebbe studiata con cura la soluzione più opportuna per impedire alla



**Fig. 104 – In prossimità della porzione anteriore del fossile la lastra mostra un distacco lungo una delle lamine.**

gomma siliconica di penetrarvi. Pur non mostrando particolari debolezze strutturali, andrebbe dedicata alla superficie del fossile, per le ottime caratteristiche di conservazione dei particolari, una maggiore attenzione. In questo caso, infatti, sono



**Fig. 105 – Particolare del fossile.**

conservati perfettamente gran parte dei caratteri tassonomici dell'animale, indispensabili per la classificazione e lo studio sistematico (fig. 105).

► Come ultimo esemplare abbiamo il reperto 1917.P, olotipo di *Aneurolepis microlepidota* (Bellotti 1857) Eastman 1905 (fig. 106). La lastra ha come dimensioni 340x180 millimetri e spessore di circa 17 ma il fossile è su una lamina, in alcune parti staccata, di circa 3-4 millimetri (fig. 107). In



**Fig. 106 - *Aneurolepis microlepidota* (Bellotti 1857).**

questo caso la lastra sembra mostrare segni di debolezza in parte legati alla natura stessa del sedimento, in parte legati alla presenza di fratture che potrebbero rappresentare un



**Fig. 107 – Particolare della lamina staccata.**

problema, non solo per la realizzazione di una copia del reperto, quanto piuttosto per la conservazione di un così importante pezzo della collezione. In questo caso sarebbe opportuno programmare con cura la realizzazione del calco e realizzarla al più presto.

L'analisi dei casi appena descritti, pur se limitati numericamente, conferma la necessità e l'urgenza di affrontare il problema della conservazione dei reperti delle collezioni paleontologiche dell'APAT, problema la cui più semplice soluzione sembra essere quella della duplicazione scientifica.

## 8 CONCLUSIONI

I reperti fossili, e in particolare i tipi e i tipoidi, sono degli oggetti unici e irripetibili che, dal punto di vista della epistemologia della Paleontologia rappresentano ciò che nelle hard sciences è la “ripetibilità di un esperimento”, è quindi necessario porre la massima cura nella loro conservazione. Questo è ovviamente tanto più vero per i tipi, soprattutto alla luce dei dettati del ICZN che prevede la invalidità delle specie in caso di mancanza o perdita dell’olotipo. Da questo punto di vista possiamo concludere che un costante uso di calchi, a scopo di tutela degli originali, sia altamente auspicabile, sia per scopi ostensivi sia per motivi di studio e scambio con altre Istituzioni.

Dopo una approfondita analisi teorica e tecnica delle problematiche legate alla utilità dei calchi in paleontologia e alla loro realizzazione risulta evidente come, nonostante le più recenti tecnologie possano materializzare dei credibili “proxies”, nulla possa ancora sostituire un calco scientifico di realizzazione artigianale. L’attenta osservazione preventiva degli imprevedibili e infiniti casi diversi da parte di un esperto specifico, risulta infatti, allo stato, l’unica soluzione che, insieme a un continuo restauro conservativo, assicuri la tutela necessaria ai reperti fossili.

## 9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BORSELLI V. (1985) – Riproduzione di materiale fossile: preparazione della matrice. *Museol. Scient.* **11**(3-4): 251-256.
- CLÉRIN P. (1995) – Manuale di scultura. Tecniche, materiali, realizzazioni. Sovera Multimedia s.r.l., Roma: pp. 390.
- COZZINI F. (1985) – Riproduzione di materiale fossile: preparazione del positivo. *Museol. Scient.* **11**(3-4): 257-261.
- CRISOSTOMI P., GIOVAGNOLI A., TOCCI A.M. & VIGLIANO M.G. (a cura di) (1996) - Alcuni prodotti e materiali impiegati nel restauro delle opere mobili. “Progetto Scuola Cantiere Archeologica nel territorio di Vulci e Montalto di Castro. Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Arethusa S.r.l. Consorzio di Ricerca e Sviluppo. Realizzazione Informedia. Supporto digitale.
- CURIONI G. (1847) – Cenni sopra un nuovo saurio fossile dei monti di Perledo sul Laurio e sul terreno che lo racchiude. *Giornale dell’I. R. Ist. Lomb. Sc., Lett. ed Arti*, **16**: 159-170.
- CURIONI G. (1863) – Sui giacimenti metalliferi e bituminosi nei terreni triassici di Besano. *Mem. R. Ist. Lomb. Sc., Lett. ed Arti*, **9**(3): 241-268.
- DE ALESSANDRI G. (1910) - Studii sui pesci triasici della Lombardia. *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali*, **7**: pp. 147.
- DE MARINIS G. & NICOSIA U. (EDS) (2000) - L’Ittiosauro di Genga. Fondazione Cassa di Risparmio di Fabriano e Cupramontana: pp. 219.
- MARINO M. & SACCHI E. (2002) – A Marine Reptile in the Upper Jurassic Deposits of the Marche Apennines. 6<sup>th</sup> International Symposium on the Jurassic System, 12-22 settembre 2002, Palermo, Abstracts: 115.
- MOSCA R. (2000) – Pitture & Pitture – Tumori & Tumori. Grafiche Scarponi, Osimo: pp. 142.
- TURCO A. & TURCO F. (1997) – Resine poliesteri. Compositi e plastici rinforzati. Moderne tecnologie di lavorazione. Hoepli, 5° ristampa (2001), Milano: pp.184.
- TURCO T (1990) – Il gesso. Lavorazione, trasformazione, impieghi. Seconda edizione ampliata. Hoepli: pp. 609.

- NICOSIA U., MARINO M., MARIOTTI N., MURARO C., PANIGUTTI S., PETTI F. M. & SACCHI E. (2000a) – The Late Cretaceous dinosaur tracksite near Altamura (Bari, southern Italy). I Geological framework. *Geol. Romana*, **35**: 231-236, 5 figs., Roma.
- NICOSIA U., MARINO M., MARIOTTI N., MURARO C., PANIGUTTI S., PETTI F. M. & SACCHI E. (2000b) – The Late Cretaceous dinosaur tracksite near Altamura (Bari, southern Italy). II *Apulosauripus federicianus* new ichnogen. and new ichnosp. *Geol. Romana*, **35**: 237-247, 7 figs., 1 tav., Roma.
- PEYER B. (1934) – Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen VII. Neubeschreibung der Saurier von Perledo. *Abh. D. Schweiz. Pal. Ges.*, **13-14**: 1-129.
- PEYER B. (1934) Traduzione a cura di ANGELELLI, 1989 – La fauna triassica delle Alpi calcaree ticinesi. VII Nuova descrizione dei Sauri di Perledo. *Mem. p. Serv. Descr. Carta geol. d'It. – Serv. Geol. Naz.*, **16**: 1-130.