

GILBERTO QUARNETI



RESTAURO & COLORE
L'Empirico e la Regola dell'Arte

Corso teorico-pratico

SCUOLA D'ARTE MURARIA
CALCHÈRA SAN GIORGIO
Grigno (Trento)

GILBERTO QUARNETI



RESTAURO & COLORE L'Empirico e la Regola dell'Arte

Corso teorico-pratico

SCUOLA D'ARTE MURARIA
CALCHERA SAN GIORGIO
Grigno (Trento)

Materiale didattico ad uso interno, non commerciabile



Mastro Gilberto Quarneti

Venezia 1941

Un colore che nessuno guarda, non esiste.
Goethe

INDICE

Prefazione.	IX
Premessa.	
1. Premessa.	XIII
2. Una riflessione.	XV
Libro I	
Capo I. Approccio al Piano del Colore.	
1. Alla ricerca del colore perduto.	21
2. La ‘Regola dell’Arte’.	30
Libro II	
Capo I. I mattoni	
1. Dei mattoni: cenni storici.	39
2. Mensiocronologia: datazione basata sulle misure dei mattoni.	46
3. Elementi di metrologia antica.	48
4. La misura come strumento di governo.	55
Capo II. Le pietre	
1. Delle pietre: cenni storici.	59
2. La Pietra e la letteratura classica.	63
3. Classificazione petrografica.	67
4. L’arenaria.	69
5. Le piagne della Lunigiana.	71
Libro III	
Capo I. I leganti.	
1. Le origini: storia di calci e di forni.	73
2. Storia della calce e invenzione del cemento Portland.	77
3. Il forno di Catone.	82
4. Generalità sulle calci.	88
5. La calcinazione delle pietre calcari.	94
6. Bagnamento ed estinzione delle calci.	98
7. Diversi sono i modi praticati per l’estinzione delle calci.	100
8. Dello spegnimento delle calcine grasse.	102
9. Della presa e dell’indurimento delle Calcine.	103

10. Delle calci magnesiache.	104
11. Dei leganti idraulici naturali.	111
12. Del colore delle calcine idrauliche naturali.	115
13. Delle malte pozzolaniche.	121
14. La Pozzolana.	123
15. Il Cocciopesto: ‘materia amica’.	137
16. Della sagramatura.	149

Libro IV

Capo I. Il recupero delle strutture murarie.

1. Il consolidamento strutturale del muro.	153
2. Le boiacche da iniezione.	154
3. Come intonacare un muro umido.	162
4. I sifoni di Knapen.	165
5. Il taglio delle murature.	166
6. Le iniezioni: ovvero il ‘taglio chimico’.	166
7. Teoria sul prosciugamento di un muro umido.	169
8. Gli intonaci deumidificanti macroporosi.	174

Capo II. Il recupero delle strutture murarie.

1. Malte & sabbie.	177
2. Della preparazione del muro.	202
3. La stesura dell’intonaco.	204
4. L’arriccio di stabilitura colorato.	206
5. Gli additivi storici.	207
6. Consolidamento superficiale.	212

Libro V

Capo I. Dei colori.

1. Il fenomeno ‘colore’.	217
2. Il colore degli edifici.	221
3. L’epoca del Cromo.	227
4. Del modo di definire i colori.	232
5. Dell’intonazione dei colori.	235
6. Dei tinteggi secchi, ovvero senz’olio.	239
7. La tecnica del colore.	240

Capo II. I tonachini.

1. Il marmorino.	247
2. La lucidatura.	249
3. I tonachini color pietra naturale.	254
4. Il tonachino liscio, ma non lucido.	257

Capo III. I tinteggi.

1. L'affresco.	261
2. La tempera.	270
3. Le tinte a calce.	273
4. Le tinte ai silicati.	283
5. Le velature.	290

Libro VI

Capo I. Appendice.

1. La formulazione delle tinte.	295
2. Come si preparano i colori base.	298
3. Il consumo della tinta.	299
4. Le Cromie Locali ed i toni scalari delle tinte.	300
5. Abaco delle tinte locali.	301

Capo II. La prova d'arte conclusiva.

1. Le specifiche.	307
------------------------	-----

Bibliografia.	333
--------------------	-----

PREFAZIONE

La curiosità non è un difetto ma una virtù, anzi direi un'arte. Non certo il chiacchiericcio delle comari ma la curiosità vera di voler sapere, conoscere, scoprire tutto ciò che esiste nella storia, nella natura, nell'uomo. E in questa arte, non solo in quella muraria, Gilberto Quarneti è un maestro, un vero e proprio maestro di vita. Ho ancora vivissima nella memoria, per quanto siano passati più di vent'anni, la sua caratteristica figura con basco e barba, allora assai più scura e contenuta, che si incuneava nei vicoli di un piccolo centro storico della Lunigiana per curiosare tra le muraglie degradate delle case più vecchie. Accarezzava gli intonaci con la cura e l'attenzione con cui solitamente una persona qualsiasi può accarezzare la testa di un bambino: faceva correre le dita, ora lente ora veloci, lungo le superfici lisce e ruvide e sfiorava appena i muri, consistenti e fragili, oppure li tamburellava e comprimeva cercando di testarne la vacuità o la resistenza. Poi si fermava a cogliere i particolari lungo le linee di frattura, gli spigoli delle murature, le cornici ed i sotto davanzale, le pietre squadrate o tonde che affioravano, i mattoni mangiati dal tempo e che si presentavano tessuti in varia foggia. Con l'occhio si avvicinava quasi a toccare le pareti per cogliere le informazioni più minute sull'origine, la trama e lo stato di conservazione di quello che c'era. Poi, con un gesto repentino, che spesso suscitava intorno a lui estremo stupore e a volte scandalo, toccava con la punta della lingua quello che maggiormente lo interessava. 'Assaggiava' le malte, per coglierne il sapore e dunque rilevare le sostanze, la grana, la salinità, la velocità o meno di essiccazione, tutte informazioni preziose colte sul campo in modo diretto e veloce, senza tanto spreco di tempo o di soldi. Era, e continua ad essere, il testimone di un modo empirico, forse secolare, di informarsi e di imparare le cose, un modo vecchio di studiare che non si usa più da tempo, da quando il sapere è diventato scuola di teoria e dunque di lezioni fatte di sole parole e di lettura di libri fatta stando seduti su una sedia.

Tanti, anche troppi, sono oggi i testi, i manuali, i trattati sull'arte del costruire che spesso risentono di questo modo moderno di insegnare, decisamente sordo e difficile. Libri pieni di formule e di numeri, di grafici e tabelle, che fanno della scienza solo una quantità così infinita di dati e numeri al punto che si fa una grande fatica a registrarne e a memorizzarne i contenuti.

Il testo sui materiali e sui colori di mastro Gilberto invece ci porta a spasso nello spazio e nel tempo. Si legge d'un soffio come fosse una storia avvincente ed i contenuti tecnici diventano consigli di bottega come se davvero ciascuno di noi fosse entrato come giovane apprendista nell'officina di un mastro artigiano.

E in questa bottega si impara davvero tanto perché accanto alla bravura e passione dell'autore si avverte la forte volontà di diffondere un pensiero che va ben oltre la semplice nozione di lavoro. Il libro di fatto rappresenta la riscoperta di un modo antico di lavorare in cui è l'uomo responsabile delle proprie scelte, che progredisce con la sua esperienza, la sua curiosità e con le proprie mani e ripropone la validità e necessità di volersi reinserire di nuovo, nonostante le enormi difficoltà dei nostri giorni, in questa antica tradizione culturale di indubbia autenticità e valore. Il messaggio passa in modo non provocatorio ma come autentica testimonianza di fatti e di stratificazioni di saperi di cui non è possibile non subire da subito un inesorabile fertile contagio. Il testo infatti non è solo una fonte inesauribile di conoscenze diverse è anche un romanzo appassionato che ci svela molti dei segreti dei più grandi architetti e costruttori dell'umanità fatta attraverso aneddoti ed il racconto vero della loro esperienza vissuta. Finalmente si sa con certezza perché le malte del Pantheon sono ancora perfette, senza la minima crepa o malformazione e sono da considerare al tempo stesso tanto millenarie e stabili quanto giovani e fresche. Oppure come sia nato il cemento Portland quando gli scienziati dell'ottocento cercavano di scoprire i segreti delle malte antiche o ancora come facevano gli egiziani, gli antichi romani o gli artisti del rinascimento a dare il colore alle loro straordinarie opere d'arte potendo usare solo quel poco che la tecnologia del tempo consentiva. L'autore infatti non si è limitato a leggere tutti, e sottolineo proprio tutti, i testi ed i manuali classici di architettura e di arte edilizia a partire da Vitruvio sino alle ultime pubblicazioni scientifiche dei nostri giorni, ma ne ha fatto anche una puntuale verifica concreta provando e riprovando nel suo laboratorio tutto ciò che riguardava la preparazione dei materiali e le tecniche d'uso descritte. Tutto questo per essere sicuro di comprendere bene il significato di usanze e di un lessico ormai perduti, per capire a pieno il processo evolutivo della tecnologia, cogliendo le significative differenze e migliorie che la pratica e la ricerca apportavano, per essere in grado di riportare alla luce quello che si era dimenticato e che può tornare a dare risposte utili anche per il futuro.

Credo che davvero si debba essere doppiamente grati a Gilberto Quarneti per quello che ha fatto e per quello che ha scritto. Da una parte perché, raccogliendo i pezzi residui di una letteratura mutilata ed ermetica, ha saputo recuperare un'idea di scienza dell'architettura nel suo significato più pieno di cultura e di disciplina unitaria, un'idea di architettura di cui, come una catena spezzata dall'era industriale, si era ormai perduta la cognizione.

Un patrimonio di conoscenza irripetibile, accumulato in generazioni e generazioni di lavoratori attraverso la tradizione orale, i processi di selezione, l'accumulo delle esperienze, che torna in questo modo ad essere disponibile per tutti. Dall'altra perché, nel suo stesso modo di fare scuola, nel modo appassionato e concreto di ricercare e di sperimentare in prima persona, nel suo essere determinato in una continua comunicazione che coinvolge responsabilmente e principalmente i giovani è riuscito oggi ad aggiungere un nuovo anello a quella catena di esperienze professionali e formative che hanno fatto grande la nostra civiltà e che apre sicuramente nuove prospettive. Con lui sta partendo di nuovo un processo creativo fatto di protagonisti consapevoli e liberi che si configurano al tempo stesso come artigiani del passato e inventori del domani. Fondare una scuola muraria di qualità sulla 'regola dell'arte' in un momento in cui tutto è stabilito e certificato per legge, tutto è obbligatorio o vietato, tutto è omologato per norma, può sembrare fuori tempo e fuori luogo, eppure ritengo che niente sia più attuale e doveroso di riscoprire il senso delle parole e della professione che tale frase implica.

Penso pertanto che leggere questo libro di Gilberto Quarneti non sia solo utile e piacevole per addetti ai lavori e non, ma che possa assumere anche un valore decisamente etico e.... Dio solo sa quanto ce ne sia bisogno nel mondo dei costruttori.

Riccardo Lorenzi
Laboratorio del Paesaggio
(Soprintendenza e Università di Pisa)

PREMESSA

«Oggi è permesso imbiancare tutto, onde poco a poco divengano case e strade da villaggio quelle che tutti i forestieri corrono a vedere nel '500 e nel '600. Almeno si ordinassero in serie le pitture! Riflettasi intanto, che niuna città esercitò cotanto i migliori pennelli in que' secoli, poiché tutte le strade furono un vero teatro per varie occasioni. Pur troppo son queste dal tempo, dalle nuove fabbriche e soprattutto da quel furore barbarico di coprir tutto di bianco per abbagliarsi ben bene quando il sol vi percote, come sa fare in sì ampie strade, ove un palmo talor non trovasi d'ombra. Quante bellissime opere non perirono così, delle quali osservo sempre alcuna reliquia con dolore; e spesso discopro, che furono due, o tre volte intonacate di nuovo, e di nuovo dipinte le facciate per varj pezzi d'intonaco qua e là caduti, onde si vedono diverse mani di pittori una sotto all'altra. Ma di ciò vano è lamentarsi. Almeno godiamo quel poco che ne rimane in bellissimi fregi di molte case, e palagi, in colonnati, e quadrature, e medaglioni, e paesi, e figure di ottimo gusto del secolo d'oro».

Così lamentava l'Abate Saverio Bettinelli, nel 1774, aggirandosi sgomento nelle contrade della sua bella Mantova. Da quel dì il suo grido «Almeno si ordinassero in serie le pitture!» sembra non sia rimasto del tutto inascoltato: ed allora in alcune Città del nostro Paese si cominciò a dar vita a quelle istituzioni che sarebbero dovute diventare in futuro gli organi preposti alla scelta ed alla prescrizione dei colori da usarsi per la tinteggiatura delle facciate delle case e dei palazzi delle nostre contrade.

Dopo oltre due secoli, da che l'Abate Saverio lanciò il suo accorato appello, anche il nostro gruppo di ricercatori e artieri ha voluto dare il proprio contributo mettendo nelle mani, di quanti si accingono a formulare un ordinamento organico dei colori della propria città, questo modesto strumento di lavoro, che non vuol essere altro che un'indicazione sul metodo, lasciando ad ognuno di spaziare con il proprio ingegno, pur nel rigore che una simile materia richiede. In un momento in cui ci si sta sempre di più allontanando dalla ricerca culturale e dalla tradizione manuale, necessaria ad elevare nelle maestranze la qualità dei propri lavori, trovo doveroso dover ancora indugiare, fra queste mie righe, su quegli argomenti, disquisiti in altri miei scritti, i quali sembrano trovar scarsa pratica fra quegli artefici che non hanno avuto la possibilità di godere dei benefici della Scuola dell'Arte, o degli Istituti Professionali.

Ciò non di meno il contenuto di questo mio quaderno potrà contribuire anche a risvegliare la curiosità di quegli architetti, che pur avendo beneficiato di preziosi insegnamenti, non hanno potuto, loro malgrado, praticare la sostanza dei loro inventamenti.

Al di là di ogni altra considerazione, credo comunque che il presente *Vademecum* possa suscitare interesse fra i Tecnici Comunali preposti al Piano del Colore delle nostre Città, i quali potranno attingere da queste pagine alcuni rudimenti sulle materie e sulle tecniche più ricorrenti nella tradizione dei Mastri decoratori del passato.

Il riproporre i materiali e le tecniche antiche deve tuttavia trovare fondamento nella conoscenza di tali materiali e tali tecniche e quindi, in ultima istanza, richiede una puntuale illustrazione che sia in grado di diffondere sempre più largamente un patrimonio di esperienza che non può rimanere bagaglio esclusivo di pochi sconosciuti.

Vorrei qui esprimere un particolare ringraziamento a tutti i miei studenti, tecnici e maestranze, che con passione e competenza hanno fattivamente contribuito alla realizzazione di questo manuale. La preziosa esperienza di questi Mastri, in tema di materie, pratica e colore, è stata determinante al fine di poter concretizzare alcuni concetti, che senza il loro aiuto sarebbero rimasti pura teoria.

Uno speciale riconoscimento va al giovane Mastro Gianni Nerobutto, ringraziandolo per la tenacia e la dedizione dimostrate nel formulare e sperimentare ogni più piccola indicazione pervenutaci dalla tradizione.

Gilberto Quarneti

Una riflessione

Nel *restauro tipologico*, mediante il tinteggio delle superfici, spesso si prediligono gli aspetti creativi, anche quando l'intervento si esprime in un contesto storico e artistico fortemente caratterizzato da linee che appartengono al passato. L'intento dell'architetto progettista si muove spesso verso la trasformazione creativa dell'esistente, e molto spesso gli intonaci sono considerati il veicolo per esternare tale creatività. Realizzati con cromie arbitrarie, con finiture superficiali prevaricanti, con morfologie incongrue, sempre realizzate a scapito degli intonaci esistenti, magari in buone condizioni, i piani tinteggiati sono l'esito ultimo di un progetto fortemente disgiunto dal contesto culturale ed artistico, il quale denuncia l'insufficienza dell'opera di recupero.

È infatti oggi diffusissima un'idea secondo la quale si ritiene che non sia possibile esprimere progettualità, fantasia e autentico spirito creativo, senza modificare le cromie esistenti. Vi è un malinteso senso della continuità storica per la quale le trasformazioni, di cui sono stati oggetto nel tempo gli edifici, giustificano attualmente ulteriori variazioni, dimenticando che proprio l'autonomia e l'arbitrio hanno ribaltato radicalmente, sin dalla fine del Settecento, il nostro rapporto con la storia e l'antico.

Conservazione, restauro, ricerca storica, rilievo, giudizio di valore ecc., sono termini che da sempre hanno connotato la riflessione dei restauratori ed il loro sforzo intellettuale e che purtroppo, sotto vari aspetti, tendono a perdere di significato. L'arbitrio creativo è ovviamente più invasivo laddove si tratta di recuperare la coloritura di una superficie storica; e sono ancora gli intonaci e le loro finiture a soffrirne, sia per ciò che attiene alle tecnologie applicate, sia, ahimè, per ciò che attiene ai problemi che una corretta applicazione comporta.

Un intervento, alternativo alla tradizionale sostituzione degli intonaci, dovrebbe prevedere la pulitura, il consolidamento, il rappezzo delle porzioni esistenti e la creazione nelle lacune di un nuovo intonaco attentamente studiato e simile per composizione a quello già esistente. E semmai fosse giustificato il rifacimento di un nuovo intonaco, questo dovrebbe essere analogo a quello originario, e comunque sempre compatibile in termini di elasticità, flessibilità, traspirabilità e longevità, e mai scelto per fattori esclusivamente stilistici, filologici o storici.

Per quanto attiene agli intonaci dipinti, in pratica ciò si traduce nel rispetto e nella conservazione anche di quelli che storicamente non risalgono alle origini dell'edificio ma sono più recenti, salvo quando sono funzionalmente dannosi o ne pregiudicano la durata del loro permanere.

Una speciale attenzione andrebbe rivolta anche alle testimonianze di cultura materiale che sugli edifici ancora sopravvivono; e ciò si esprime mantenendo, senza riserve o ripensamenti, i componenti materici e tecnici delle varie stratificazioni: in questo caso la scelta conservativa è un obbligo. Un esempio su tutti: l'intonaco 'a terrazzetto', costituito da cocciopesto in grana grossa, scaglie di pietra d'Istria e calce aerea, è testimonianza di una cultura tecnica e di capacità costruttive specifiche di un'area geografica e di un ambito culturale molto particolari. Esso va indubbiamente risarcito e mantenuto.

Demolire un intonaco di cocciopesto, per poi ricostruirlo con malte cementizie, solo perché non se ne conosce né la storia né la funzione, ha sempre l'effetto di condurre al veloce degrado delle murature. Si deve capire che oltre alla perdita dell'identità del monumento, va perduta anche l'occasione che avrebbe potuto migliorare le nostre conoscenze; cosa, questa, che potrebbe talvolta costituire l'unico vero senso culturale del nostro intervento. Un'indagine di laboratorio scientifico e tecnologico-artigianale andrebbe sempre condotta, pur accettandone i limiti, avendo per iscopo di scoprire cosa i materiali originari, al di là della loro presenza, portano con sé in termini di sapienza empirica.

Sull'importanza ed i pericoli della memoria orale, esiste una vasta letteratura: la memoria di regole operative è ancora patrimonio di artigiani, che fanno ancor oggi scegliere materie preparate alla vecchia maniera, o sono ancora patrimonio dei veri Mastri tradizionali. Poco si sa, per contro, sul come si possa stabilire in un *artigiano tradizionale* quanto provenga da una trasmissione ininterrotta di conoscenze, e quanto dipenda invece da contaminazioni più recenti dovute al fatto che egli stesso adoperi continuamente materiali e tecniche sempre rinnovate. D'altronde non si può che lodare l'artigiano tradizionale che prenda quanto ci può essere di buono nelle innovazioni, come si faceva peraltro anche nelle *Scuole* del passato; e altri pochi che si applicano veramente con le *Regole* delle vecchie *botteghe*, pur non essendo oggi dovutamente riconosciuti e valorizzati, sono certamente quelli che posseggono le conoscenze meno inquinate.

Anche la lettura dei manuali ottocenteschi potrebbe essere di una qualche utilità. Basta tener presente che negli ultimi cent'anni circa, essi mescolano informazioni d'origine empirica con altre di provenienza scientifica. In origine, le fonti letterarie d'insegnamento, non erano scritte da veri e propri artigiani, ma da *pratici o eruditi appassionati* delle creazioni manuali. E dal momento quindi che lo scrittore era spesso un osservatore, la manualità di certe operazioni non poteva essere tradotta in forma scritta in modo tale da essere appresa senza maestro. Le informazioni più importanti dei manuali si trovano in realtà nelle molte citazioni e nelle fredde formule più che nella pratica applicativa.

I capitolari d'intonacazione e tinteggio, pertanto, raramente parlano dei materiali e delle tecniche di lavorazione, se non d'apprezzamenti estetici finali, osservabili solo nel momento storico in cui i materiali medesimi sono stati applicati. In questa documentazione d'archivio vengono invece usati nomi che distinguono chiaramente i vari tipi di rivestimento, usati separati o combinati; nomi il cui significato è caduto ormai nell'oblio, o è semplicemente cambiato nella terminologia di un processo di produzione moderna assai più semplificata. Uno sforzo mirato a confrontare ciò che viene insegnato nella manualistica d'epoca - che ai più sembrano *insignificanti* informazioni - e le analisi delle croste sopravvissute sulle facciate, talvolta porta a notevoli progressi.

Spesso il piano del colore di una città, trova il suo riferimento metodologico nella volontà di razionalizzare la prassi di ritinteggiatura dei prospetti degli edifici urbani, sulla base di un lavoro d'archivio impostato sulla puntigliosa ricerca di documenti che parlino esclusivamente di colore, trascurando tutti gli altri contributi che non sembrano suggerire alcun elemento creativo. E la loro interpretazione è successivamente fondata sul presupposto ingenuo d'uno sviluppo meccanicistico, dei criteri di colorazione della città, senza alcun dubbio o incertezza di sorta.

Usualmente, il periodo cui si intende far riferimento e che è eletto a modello per la pianificazione dell' 'originario' colore della città, è quello ottocentesco, nel corso del quale viene attuato sistematicamente e rigorosamente il controllo degli ampliamenti della città e delle relative tinteggiature proposte dalle varie Commissioni dell'Ornato. A questa ricerca, fondata sul presupposto che in quel periodo avesse preso forma l'unica ed imprescindibile immagine euritmica della città, si affianca l'intento di elaborare gli strumenti operativi che consentano all'amministrazione di attuare il controllo delle nuove tinteggiature. Ma quest'operazione porta inevitabilmente ad un inconveniente di non scarsa rilevanza. Infatti, l'esigenza operativa di dover dare una risposta immediata - in base a domande di tinteggiatura casuali ed imprevedibili - a decoratori, il più delle volte estranei ad un concetto di restauro correttamente inteso, non consente purtroppo, come sarebbe invece più logico, di raggiungere i risultati, che le indagini pre-progettuali condotte in sito, si aspettavano.

Succede talvolta che i colori 'nanchino', 'molassa', 'persichino', 'rosa La Spezia', 'giallo brutto', 'foglia morta' e centinaia d'altri, facilmente ritrovabili nella manualistica ottocentesca e nei capitolari delle Commissioni d'epoca, vengano interpretati in modo del tutto personale ed applicati in modo sommario ed inadeguato, attingendo esclusivamente dall'indicazione letteraria contenuta nei documenti d'archivio ed eseguiti non sempre correttamente con materiali impropri da un decoratore occasionale, del tutto innocente della 'Regola dell'Arte'; il che dà la misura della inadeguatezza delle informazioni a disposizione, che possono mettere in serio pericolo l'intera operazione.

Inoltre, la cromia d'ogni diversa tinta è formulata basandosi unicamente sul nome attribuito nei documenti; e con questa vengono quindi realizzati i 'Modelli di tinte' e la 'Tavolozza dei colori', ridotti a campionario, il quale è proposto a tutti i produttori di materiali destinati alla manutenzione delle facciate.

Naturalmente, questo primo tentativo di razionalizzazione della tinteggiatura delle facciate delle nostre città, procede attraverso un passaggio diretto: dai dati contenuti nei documenti d'archivio alla 'tavolozza dei colori' teorica; dalla tavolozza alla sua applicazione pratica; dalla sua applicazione pratica alla conseguente estensione su scala urbana. Ciò non pretende certo di identificarsi ex abrupto con il 'restauro scientifico' delle facciate, ma mira unicamente ad arginare anzitempo gli effetti più disastrosi costituiti dalle tinteggiature selvagge, in modo da ricondurre, pragmaticamente e per gradi successivi, l'operazione di ritinteggiatura nell'alveo di una corretta interpretazione.

Lo strumento di visualizzazione dei modelli di colorazione delle vie e delle piazze principali della città, elaborato anche in base ad alcuni suggerimenti di carattere storico, è definito 'mappa cromatica'. Si prescrive che le nuove tinte siano genericamente realizzate a base di calce, senza approfondire l'aspetto tecnologico-applicativo e le caratteristiche specifiche dei materiali appartenenti alla tradizione costruttiva, che hanno precise regole di preparazione, applicazione e rifinitura.

I risultati, infatti, mettono in luce la scarsissima considerazione per la materialità degli elementi originari. Ancora un esempio: abbattere una solida crosta signina dalla facciata d'una fabbrica medievale, e riproporla con un intonaco cementizio di dozzina, premiscelato, applicato meccanicamente, e tinteggiato con larghe pennellate di silicato di potassio color rosa - a memoria del colore della materia appena abbattuta - è cosa insensata quanto miseramente e drammaticamente lontana dal concetto di tradizione e Regola dell'Arte, nel vero senso filologico.

Cosa rimane della Regola tramandata? Che ne è dell'insegnamento che si legge nella materia e nel gesto di chi l'ha applicata? Ed infine: come possono le nuove materie competere con le originarie in termini di longevità, funzionalità, capacità di difesa delle strutture e bellezza per naturale vetustà?

Una particolare fase del Piano del Colore, oggi poco praticata, prevedrebbe l'annotazione della scheda colore con le *astrazioni cromatiche* (col sistema Munsell), degli elementi architettonici delle strutture murarie petrigne, che non sono mai state dipinte e che col colore naturale della loro materia danno impronta cromatica al paesaggio locale.

Procedendo in questo modo si crea, inoltre, la cosiddetta *Tavolozza dei colori*, mettendo in relazione i colori con le tecniche e i tipi di colorazione, che si possono ottenere tramite tinteggio o l'uso sapiente delle calci e le sabbie locali, che connotano il naturale colore della materia.

Vanno avvertiti i progettisti dei Piani del Colore, che è sempre latente la pretesione di accedere al progetto e al cantiere di restauro, senza considerare la teoria e la prassi disciplinare con le loro sedimentazioni culturali accumulatisi nel molto tempo trascorso.

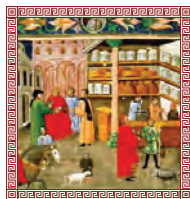
Ogni *restauratore del colore* non dovrebbe considerare esclusivamente la superficie cromatica, che tutto copre, senza porre alcuna attenzione per lo scheletro strutturale di supporto sottostante. Non si può, nel riproporre un tinteggio o una malta di sabbie colorate, escludere gli altri elementi architettonici intrinsecamente inscindibili: intonaco, rinzafo, ricomposizione della struttura muraria, consolidamento, forme di degrado e quant'altro si presenti.

Per ultimo, ma non meno importante, andrebbe fatta una considerazione sulla consapevolezza delle scelte critiche dei contributi teorici e operativi, su problemi quali l'autenticità, il falso, la copia, il periodo storico, e sul peso che questi temi possono avere nel progetto di restauro.

La scelta dell'epoca storica talvolta è ingenuamente arbitraria. A prescindere dall'era storica d'appartenenza dell'edificio, di solito ci si fa sedurre da documenti ottocenteschi d'archivio. Ma perché privilegiare l'Ottocento e non il Settecento, per esempio? Oppure, perché non preferire la realtà attuale con tutte le sue stratificazioni più o meno 'storiche'? Ed infine, perché non pensare che non si possa progettare il *piano del non colore* di un borgo medievale? Perché si dovrebbe necessariamente tinteggiare un manufatto quando questo non lo è mai stato ed ha ostentato sin da quando fu costruito, il colore naturale delle pietre e delle malte che lo hanno strutturato?

Questa sarebbe un'interessante materia da approfondire nel nostro corso.

§ 1. - *Alla ricerca del colore perduto.*



UR CON TUTTE le implicazioni filosofiche, che devono condurci ad operare le giuste scelte e le ponderate valutazioni culturali ed operative - che sono alla base del nostro progetto - non si può prescindere dal seguire una procedura che è andata sempre più affinandosi in questi ultimi anni. Pertanto, cominciamo, senza indugio, col verificare se la città (o il borgo), oggetto del nostro progetto, può fornirci tutta la preziosa documentazione di cui abbiamo bisogno.

Non vi è garanzia che la nostra città abbia disposto, nei secoli passati, di un vero e proprio Piano del Colore, o un Regolamento d'Ornato come altrimenti si può ritrovare in poche altre città d'Italia. Solo in pochi fortunati luoghi i moderni Piani del Colore hanno potuto esser riproposti attingendo ampiamente dai locali Archivi delle Autorizzazioni rilasciate dall'ottocentesco Consiglio degli Edili, che difficilmente risulta completo e disponibile in ogni Comune.

Non è detto che noi non potremmo essere altrettanto fortunati, però: ed allora è probabile che si debba semplicemente avviare una ricerca documentale, indagando negli archivi storici del nostro Comune, permettendoci così di acquisire tutte le informazioni necessarie, sulle decisioni della Commissione d'Ornato che ci ha preceduto.

Molto del lavoro iniziale potrebbe essere svolto recuperando le preziose prescrizioni suggerite, o imposte, dalle passate Commissioni ai cui membri era affidato il compito di soprintendere sulle forme e sui colori dei prospetti, nel pieno rispetto delle norme, da tutti ben conosciute ed accettate, che governavano l'Euritmia, la Simmetria e l'Ornato. Una tale sistematica operazione potrebbe fornirci molte delle indicazioni utili alla ricomposizione dei colori dei singoli edifici, oggetto delle nostre indagini.

In alcuni rari casi, in presenza di documenti ben conservati e catalogati, negli Archivi dei Modelli di colorazione, è stato possibile risalire alla cromia di molti edifici, permettendo ai ricercatori preposti alle indagini, di formulare, senza dubbi, vere e proprie tavolozze storiche.

In altri casi, meno felici, laddove non s'è potuto ritrovare la memoria documentale di molti edifici indagati, di palese interesse storico e recanti chiare tracce di coloriture originarie, i Piani di quelle città si sono potuti completare affidandosi scrupolosamente all'indagine visiva ed alle analisi di laboratorio in modo da poter produrre nuove ed attendibili proposte di colore.

Per altri edifici invece, completamente privi di tracce materiali e senza alcun riferimento documentale, si è dovuto completare la gamma dei Modelli di colorazione attingendo dalla tavolozza storica già formulata, valutando, di volta in volta, i caratteri stilistici delle strutture in esame e le condizioni cromatiche ambientali circostanti.



Come si può capire, una vera e propria metodologia unificata potrebbe difficilmente essere esportabile in quelle città ove la documentazione d'archivio è carente o addirittura inesistente. In tale difficile situazione, nessuno sarebbe in grado di formulare anche la più modesta ipotesi storica da cui partire e sarebbe inevitabilmente costretto a demandare al buon senso dei privati ed alla sensibilità dei progettisti la formulazione delle scelte cromatiche: scelte peraltro che non propongono quasi mai adeguate ed accettabili interpretazioni sul piano formale, essendo piuttosto ispirate a tipologie neoindustriali che non trovano assolutamente riscontro in alcuna delle nostre tradizioni.

In questi casi l'insidia costituita dall'alienazione delle tecniche e delle conoscenze tradizionali è pur sempre presente: non è raro, infatti, il verificarsi della colonizzazione di materie artificiali, le quali, pur soddisfacendo taluni sul piano cromatico, deludono i più sul piano tecnologico, e tanto più sul piano della cultura e della tradizione.

Sembra, infatti, che non poche di queste amare esperienze abbiano inizialmente, seppur inconsciamente, consentito il deprecato utilizzo di tinteggi sintetici o al quarzo, che sono entrati poi nelle quotidiane scelte professionali di molti degli addetti ai lavori.

Vi è una condizione che accomuna molti dei Tecnici che si dedicano a questa nuova pratica della ricerca del colore della propria città: molto spesso l'unica fonte certa alla quale fare riferimento, per la formulazione della tavolozza storica, è costituita semplicemente dalle stesse facciate degli edifici. Alcune sono interamente colorate; altre mostrano qualche rara e sbiadita traccia di tinta; molte sono senza alcun ricordo né di colore né d'intonaco. In questi casi il centro storico dovrebbe essere studiato e progettato unitariamente, e la manutenzione, o il rifacimento degli intonaci e delle tinteggiature, dovrebbe essere affrontato come un problema globale, che comprenda antichi e nuovi edifici.

Benché spesse volte gli edifici coinvolti, nella catalogazione del nostro Piano, non si possano definire veri e propri 'monumenti' da affidare alle cure della Soprintendenza ed al rigore del restauro scientifico, pur tuttavia, dovremmo, da tali sofisticate pratiche, attingere le più utili indicazioni relative alle tecniche ed ai materiali usati. E se tale esercizio non trova oggi ampia diffusione nei cantieri del nostro Paese, ciò sarà sicuramente attuabile nel futuro grazie alla disponibilità interdisciplinare degli specialisti del settore, i quali operano nel campo dei tinteggi e degli intonaci con lo stesso scrupolo e rigore con cui da anni operano nel campo del restauro monumentale.

L'oggetto della nostra attenzione dovrà dunque comprendere l'insieme degli edifici che costituiscono il nostro progetto, senza escludere eventuali presenze monumentali, rivolgendosi all'edilizia 'minore' la stessa sensibilità, organicità e metodo, sia nel recupero che nella manutenzione.

Nella campagna di rilevamento del quadro cromatico del nostro Centro Storico si potrà escludere il sistematico ricorso all'analisi stratigrafica di laboratorio per la determinazione di ogni singolo componente: le indagini potranno invece essere condotte *in situ* operando su piccole porzioni di intonaco, nei punti più protetti delle facciate, mediante un bisturi. Ciò potrebbe veramente costituire una delle operazioni più significative di tutto il nostro lavoro di rilevamento.

Le diverse tinte riscoperte, pur tenendo conto della loro alterazione cromatica dovuta al tempo, dovrebbero essere ricomposte e codificate per poi andare ad incrementare il numero delle tinte costituenti l'Abaco dei Colori Tradizionali Locali.

L'Abaco diventerà quindi patrimonio dei Tecnici, e sarà l'indispensabile strumento di sviluppo nel momento in cui il gruppo di lavoro vorrà istituire formalmente l'exkursus cromatico del tessuto cittadino. Inoltre, l'Abaco dei colori dovrà porre in condizione gli operatori del settore di poter selezionare le procedure compositive e le pratiche applicative per la preparazione di Modelli indispensabili al giudizio degli organi di controllo preposti.

Ci si augura poi, che con la continua pratica del riprodurre quanto si va via via scoprendo ed imparando dall'analisi delle antiche materie e dalle Regole che ad esse s'addicono, si possa raggiungere l'ambizioso obiettivo di avviare un processo di riconquista della tradizione, ricostruendo quella cultura del colore che in questi ultimi anni s'è quasi del tutto smarrita.

La colorazione di una facciata comporta una complessa operazione che deve tener conto dell'epoca di costruzione dell'edificio, le linee più o meno ricche degli elementi architettonici e decorativi, nonché delle recenti superfetazioni e quei significativi interventi che ne possono aver mutato l'aspetto stilistico.

Il colore delle campiture maggiori può esser determinato, in linea di massima, dall'*epoca* a cui l'edificio appartiene, e dalle condizioni cromatiche suggerite dall'ambiente circostante, mentre le tinte delle strutture architettoniche quali zoccolature, bugnati, cornici e cornicioni, sono determinate perlopiù dalla tradizione compositiva locale, che al colore delle pietre del luogo s'ispira.

È ovvio che la classificazione delle facciate, secondo 'modelli di colorazione', dovrà indurci, in ogni caso, a tenere nella dovuta considerazione le campiture e tutti gli altri elementi decorativi come facessero parte di un unico sottoinsieme che dovrà necessariamente rispondere alle naturali regole dell'accordo e dell'intonazione delle tinte.

La colorazione proposta, per tono e numero dei colori, dovrà essere proporzionale alla complessità delle strutture da ridipingere ed alla necessità di esaltare o velare l'insieme dei caratteri morfologici delle facciate che si vorranno recuperare. In ultima analisi il colore sarà un codice di lettura che ci dovrà permettere di proporre il fraseggio cromatico in stretta connessione con la qualità dell'architettura, col suo stile e la sua localizzazione all'interno del tessuto storico.

Nella formulazione del Piano del Colore, delle nostre città, non si dovranno sottovalutare alcune difficoltà oggettive che inevitabilmente insorgeranno al momento di dover dar corpo al nostro progetto. Ci si renderà presto conto che la fedele e rigorosa esecuzione, di tutte le indicazioni fornite dal Piano stesso, evidenzierà oggettivi limiti nel momento in cui ci troveremmo nella necessità di riprodurre dei campioni di tinta su carta, in quanto si potrebbero verificare variazioni di tono in relazione al tipo di supporto sul quale queste sono esibite. Va avvertito il Tecnico che la progettazione di un prospetto si completa inevitabilmente sulla strada, davanti a campionature di più ampia campitura, osservabili da più vicino e da più lontano, a diverse ore del giorno, e magari, con il sole che va e viene.



I colori forniti dal nostro Piano del Colore non hanno, in ultima istanza, la pretesa di dover essere riprodotti, su supporti cartacei, con la massima esattezza: né si può pretendere di poter riprodurre su minuscoli modelli quegli effetti che solo la luce nei vicoli e nelle piazze può esaltare.

Ritengo invece vi debba essere un doppio riscontro relativamente alla predisposizione dei ‘campioni’ o dei Modelli delle tinte da catalogare. Uno dovrà essere riprodotto il più fedelmente possibile su supporto cartaceo; l’altro dovrebbe essere approntato ‘dal vero’ su una parete all’aria aperta, protetto, ben visibile ed accessibile all’esame di ogni addetto ai lavori. Sarà tra i provini in opera che si dovrà, di volta in volta, scegliere quello ritenuto maggiormente attendibile e prescrivibile, in un continuo confronto fra le maestranze ed i funzionari dell’Ufficio Tecnico.

Sia per il primo, che per il secondo caso, ciò che comunque darà univocità alla tinta non dovrà certamente scaturire dai personalissimi giudizi di ogni singolo operatore, al quale non si potrà dare alcuna autonomia di valutazione ed interpretazione cromatica che non sia anche mediata dalla sua personalissima sensibilità percettiva.

Ogni singola tinta, sia essa un colore di base, o una tinta composta, o una sfumatura scalata, questa dovrà essere sempre ed inequivocabilmente corredata della relativa ricetta di composizione.

Naturalmente la scelta delle tinte non esaurirà il problema del corretto intervento sui prospetti del nostro centro storico.



Definire il colore e le modalità d'applicazione del medesimo, su di una facciata, è l'ultima delle prescrizioni che un corretto Piano può imporre. I colori, le tinte e le intonazioni, sono legate indiscutibilmente alle materie su cui queste sono applicate. Non potremmo mai, pertanto, addivenire al completamento di un serio Piano del Colore se non definissimo a priori, in modo univoco e rigoroso, quali debbano essere le materie ed i modi per preparare gli intonaci su cui dipingere: ovvero, si crei innanzi tutto un completo *Abaco delle calci, delle sabbie, degl'intonaci, delle Terre e delle Regole dell'Arte*.

Si dovranno analizzare le tecniche ed i materiali tradizionali così come venivano applicati fino a qualche decennio fa, confidando nella memoria dei vecchi artigiani, poiché, ahimè, talune pratiche sono cadute in disuso presso la maggior parte dei giovani artieri, per complessi motivi, e non sempre imputabili al minor costo delle nuove tecnologie.

Non è detto poi che dovremmo obbligatoriamente operare scelte pregiudiziali ed acritiche a favore delle antiche pratiche e dei materiali tradizionali: di fatto, però, tutti coloro che si sono cimentati in opere di ricerca su materiali di recente produzione hanno dovuto concludere che questi sono generalmente incompatibili con la gran parte delle antiche strutture.

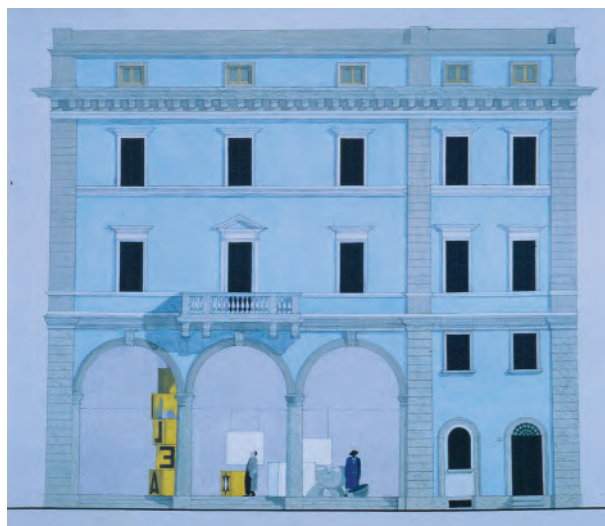
Dall'analisi dei materiali di finitura e dallo studio delle loro composizioni cromatiche ritrovate nell'ambito storico-geografico dell'area nazionale indagata, si sono definiti tre gruppi di tecniche di tinteggiatura ammesse:

- Colore naturale delle calci e delle sabbie locali;
- Tinteggiature a calce colorata con terre naturali, o tonachini di calce colorata, su tutta l'edilizia storica;
- Pitture ai silicati sull'edilizia recente o di scarso valore documentario, tenendo conto che la pratica dell'uso dei silicati risale alla fine dell'Ottocento.

Da questa classificazione si è escluso il ricorso ai tinteggi al quarzo, o preparati sintetici 'plastici', sull'edilizia storica, per ovvi motivi d'ordine funzionale, estetico e culturale. Il riproponimento delle pitture a calce, pigmentata con terre colorate, da applicarsi sulla maggior parte dell'edilizia storica, potrebbe sembrare un'imposizione non del tutto condivisa da molti operatori, se non fosse che tale scelta trova una ponderata giustificazione alla luce di alcune specifiche considerazioni.

In primo luogo la *tradizione*: per quanto elusa e dismessa, non è mai stata del tutto abbandonata. Secondariamente, ma non d'importanza minore, l'uso della calce è ancora una pratica 'semplice' che si può tranquillamente riproporre laddove si prevede che siano le maestranze a prepararsi autonomamente le tinte richieste (a pie' di fabbrica) per ogni singolo particolare intervento.

Non di meno, durante la realizzazione di alcuni Piani, è stato dimostrato come durante il periodo di progettazione dell'Abaco, le tecniche tradizionali siano state facilmente assimilate con soddisfazione dal punto di vista della capacità professionale delle maestranze e dei costi.



In molti casi i risultati ottenuti possono essere considerati complessivamente soddisfacenti, pur considerando talune difficoltà riscontrate, attribuibili in gran parte allo sforzo che si è dovuto produrre nei confronti delle maestranze, inizialmente riluttanti ad accettare una pratica d'intervento quasi dimenticata o ritenuta superata.

Alla luce di quanto detto appare chiaro che ogni Piano del Colore potrà fornire un valido supporto, teorico e pratico, a tutti i progettisti ed operatori che ne prenderanno parte, riproponendo l'uso d'antiche materie, modi e tradizioni.

È altrettanto evidente però, che il recupero delle capacità degli artigiani e dei mastri, per doversi attuare concretamente, dovrà contare anche sui programmi delle organizzazioni di categoria, i quali potrebbero coraggiosamente concorrere a diffondere la coscienza necessaria ad affrontare quell'indispensabile salto di mentalità, insostituibile nella pratica del recupero del nostro patrimonio storico.

Poiché in questo manuale si parlerà quasi esclusivamente ed ovviamente, di malte, boiacche, intonaci e tinteggi, mi sento in dovere di dare, più avanti, alcuni cenni sulla storia di questi materiali, fiducioso che il risvegliare la curiosità degli addetti ai lavori, non potrà che giovare allo sviluppo del corso che dovremo intraprendere.



2. - *La Regola dell'Arte.*

Così scriveva il Redi a Pier Maria Baldi, il 4 novembre 1660.

«Buffalmacco fu pittore famosissimo de' suoi tempi, ed a mio giudizio, che pur non son affatto uno zoccolo, teneva il vanto nella pittura, e meriterebbe presentemente d'esser anteposto a Tiziano, ed al divino Michele Agnolo, che non si può dir più in là. Se voi volete, o Sig. Baldi, saper la ragion, e i motivi di questa mia sentenza, non v'aspettate, ch'io vi dica, che Buffalmacco fosse quel solenne maestro, che seppe insegnar le finzze maggiori dell'arte pittoresca infino ad un scimiotto, che per suo passatempo era tenuto dal Vescovo di Arezzo: ma vi dirò bene, che Buffalmacco fu colui, che trovò quella nobile, e sempre memoranda, e sempre lodata invenzione di stemperare i colori, non con acqua di pozzo, ma bensì con la più brillante vernaccia, che sapessero produrre i più celebri magliuoli delle collinette fiorentine.

Perciò vi mando un saggio di vernaccia di Siracusa, accompagnata da alcuni altri saggi di vino, donatemi dal Serenissimo Gran Duca nostro Signore, coi quali, se stempererete i vostri colori, non solamente farete far buon viso alle vostre pitture; ma ancor voi racquisterete la vostra antica buona cera, a dispetto di quegli ostichi beveronacci, che vi fanno ingozzare ogni mattina que' due Medici vostri amici. Provate questa nuova ricetta, e sarete sano».

Chi non sapesse della burla, perpetrata ai danni delle pie monache della Chiesa di Faenza, per mano del Buonamico, pittore fiorentino, detto il Buffalmacco, crederebbe che il mesticar i colori con la vernaccia fosse regola principe nell'Arte del buon fresco.

La verità è, come dice il Vasari, che la sacciuta Badessa di quel Convento, che pur lodava il lavoro condotto per mano del Buonamico, nella sua chiesa, ebbe l'infelice ardire di far notare al Maestro, che i colori dei putti, dipinti sull'altare, sembravano un po' smorticci.

Sapendo che la Badessa aveva buonissima vernaccia, che serbava per il Sacrificio della Messa, quel maestrone se ne fece portare in abbondanza e della migliore, confidandole che quello era l'unico rimedio per riacconciar i colori dei putti appena dipinti.

E con la vernaccia avuta, «ei vi dipingeva i Santi nelle mura con certi visi tutto sangue e latte, ed erano tutti condotti di buona maniera, giovaloni, allegrocci, pasticcianni, che se ne diceva in fino alle porte di Parigi».

Confesso che chi vi scrive, ingenuamente, non ha saputo sottrarsi alla tentazione di provar a dipingere a guazzo su tonachini di calce, attingendo materia da molte cantine, con gran delusione per i ridicoli risultati ed indicibile rimorso per l'assurdo spreco di vino.

Seppur risibile, questa storia ci insegna che l'inaspettato, l'imprevisto e l'improvvisato non possono esser in alcun modo definiti la 'Regola dell'Arte'.

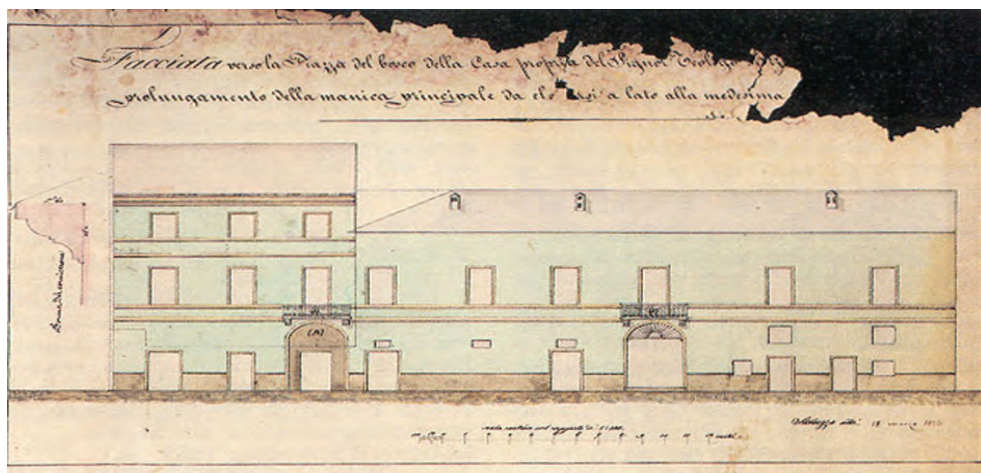
Nel passato, il lavoro d'un capomastro era governato da regole ben precise, consacrate da secoli d'esperienza, che trovavano pari rispetto in seno ad ogni singola Arte, pena l'allontanamento del maestro dalla mariegola d'appartenenza con castighi pecuniari, e la confisca 'de i ferri da lavoro'.

Una volta, ogni lavoro veniva diligentemente e scrupolosamente condotto sotto l'occhio vigile del 'gastaldo soprastante', affinché non fossero prese pregiudizievoli autonomie, e commessi abusi perniciosi che mettessero in discussione i risultati preventivati, ed il buon nome dell'Arte; ma soprattutto «acciò li galantuomeni, cittadini & altri che fabbricano non siano gabbati da persone che non sappiano il mestiere».

Oggi, che le Scuole e le Mariegole non sono che un ricordo, rievocare il termine Regola dell'Arte sembra più un retaggio burocratico che una reale volontà d'ottenere che il lavoro sia eseguito secondo precise prescrizioni corporative.

Imporre un capitulare nel qual si vuole che un muro, che porta evidenti i segni dei patimenti inflitti dall'umidità, sia rinzaffato con malta di sabbia e cemento, e sia quindi intonacato con malta bastarda, è cosa discutibilissima quanto prevedibilissimi gli infausti e devastanti risultati. Seppoi tale prescrizione si conclude esigendo che il tutto sia rifinito 'a regola d'arte', allora la dissonanza diventa stridente come sabbia stretta in un pugno.

È evidente che, nel secolo scorso, una forte spinta verso il profitto e l'industrializzazione, vi sia stato un malinteso uso di regole ormai del tutto disatteso ed un improprio valore dato ad una tradizione ormai del tutto destinata all'oblio.



Penso che furono forse ‘i nuovi segreti di Bottega’, nel passato, a limitare il libero *tradere* delle informazioni che la Scuola aveva consolidato e santificato da millenni di esperienza. Anche in passato le ‘innovazioni’ venivano nascoste o usate a vantaggio della propria Bottega. «Chi sa l’Arte non l’insegna», avverte un antico adagio.

A tal proposito ci si soffermi a leggere fra le chiose del curioso piccolo tomo di Giovanni Branca. L’architetto racconta, nel 1629, della sua capacità di comporre «un Tartaro bianco lattato, duro a piacimento fin’ a farlo superare la durezza del marmo Carrarino Statuario».

La singolarità risiede nel modo in cui il Branca suggerisce di replicare pezzi di statue e capitelli, mediante la preparazione di un suo ritrovato da versare in stampi confezionati per la riproduzione di ‘capricciosissimi’ pezzi originari. Non esiste, in letteratura, nessun riferimento a malte che facciano pronta presa (idrauliche) e che raggiungano resistenze alla compressione tali da sorpassare in durezza il celeberrimo marmo di Carrara. Evidentemente l’innovazione stava nell’uso di un ingrediente, una sorta di pozzolana, che dava nervo e resistenza alla malta e che, nel contempo, rimaneva di color ‘bianco lattato’ come altrimenti nessun’altra pozzolana può fare.

Dalla lettura del Branca s’intuisce che egli è depositario di un qualche ‘segreto’ che non vuol svelare. Un segreto di Bottega che solo lui e pochi altri conoscono e che gli permette di sfruttarlo in una ‘nuova fabbrica’. Il *tartaro*, personalmente sperimentato dall’architetto medesimo e reso pubblico attraverso le pagine del suo Manuale, non può che essere una verità proveniente da lontano, che si concretizza in una norma che non può essere messa in discussione, in quanto confortata e resa autorevole dalla continuità delle usanze.



Non vi è alcun dubbio che il miracoloso «Tartaro bianco lattato» altro non è che una malta ‘porcellana’ in uso presso i mastri genovesi sin dai secoli antecedenti l’affermazione dell’architetto ascolano.

Non v’è alcun bisogno di dare un qualche chiarimento - scientifico o logico, diremmo oggi - del *messaggio*. Il suo vero senso è un invito ad accogliere con fiducia un insegnamento e a metterne alla prova l’efficacia.

La trasmissione del sapere è vincolata alla credibilità di chi formula il messaggio, che risiede nella figura riconosciuta del Maestro, alla linea di continuità che collega l’esperienza del *magister* delle generazioni successive a quelle precedenti, al riconoscimento del vero significato del messaggio e la sua efficacia. Messaggi che possono essere compresi soltanto da chi è del mestiere e da chi possiede le cognizioni e l’esperienza dell’Arte. Inoltre, è necessario che il sapere sia vincolato alla necessità che il messaggio debba essere formulato in termini essenziali, affinché venga salvaguardato quell’aspetto esoterico che lo rende interamente comprensibile soltanto a chi possiede il talento e lo status di iniziato.

L’esperienza «trae origine dalla memoria», secondo la nota versione aristotelica, e s’intende essere l’accumulo di nozioni attinte alla realtà essenzialmente attraverso i sensi e dotate perciò, salvo il caso di percezioni ingannevoli, di sicura credibilità. L’esperire è venire in cognizione provando e riprovando e si connette con la capacità del soggetto di apprendere dal contatto *con le cose*, oltre che di lasciarsi guidare per agire *sulle cose*.

Al fondo di questa riflessione, sul concetto di tradizione, rimane un lieve senso di sconcerto.

Mastro Branca non svela il suo segreto e noi dobbiamo ricercare la soluzione fra le molte nozioni che altri ci hanno tramandato. Ci rimane un dubbio, però. Che non sia il messaggio dell’architetto ascolano un goffo tentativo di dare pubblicità, «a spese del medesimo», all’erigenda fabbrica? Se così fosse, questo potrebbe essere il principio dell’industrializzazione del sapere e la fine della tradizione orale, individuale o corporativa che sia.

A ben guardare, sembra che non vi sia oggi più bisogno del messaggio tradizionale e che la conoscenza dei molti metodi d’analisi, che ci permettono di indagare negli intonaci e negli stucchi preindustriali con metodi scientifici, ci metta al riparo da ogni forma di errore e dalla poca o nulla conoscenza sulle antiche tecniche di preparazione dei materiali e la loro applicazione. A prima giunta sembra che i ricercatori d’oggi si trovino in una posizione di netto vantaggio rispetto agli artieri del passato, che erano d’altra parte gli unici, forse, nel mondo prescientifico, a fare ricerche pratiche sui materiali e, soprattutto, a trasmetterne le conoscenze ed i segreti come un patrimonio da tramandare per garantire alla Bottega la sopravvivenza della ‘Regola dell’Arte’.

Ci si chiede, però, se sia veramente possibile, con gli strumenti della conoscenza scientifica, sapere ogni particolare di manufatti prodotti su basi e spiegazioni radicalmente empiriche. Ciò che unisce le scienze applicate e il sapere empirico, sono le caratteristiche naturali dei materiali, la cui conoscenza è indispensabile ad entrambi, e che non sono ovviamente influenzate dalla cultura.

Supponendo che un attento studio su un lacerto d'intonaco antico possa quasi sempre restituirci i caratteri del manufatto originario, scopriamo poco o nulla sui processi produttivi che hanno portato quella testimonianza materica sino a noi. È possibile individuare, ad esempio, la qualità dei sassi scelti per fare la calce, spinti dalla necessità di disporre di materie prime pure; potremmo facilmente determinare se l'originaria calcinazione di calcari marnosi abbia soddisfatto la volontà dei nostri predecessori ad avere un legante idraulico; potremmo persino conoscere tutto sulla natura e la provenienza delle sabbie, ma non è possibile, allo stato attuale, stabilire - ancor per esempio - se il legante avesse un mese o un anno di invecchiamento, o se fosse stato spento con metodi 'personali' in modo da non lasciare parti di calce viva non perfettamente estinta. E tanto meno sapremo, indagando in qualsiasi calcinaccio che racconti della sua storia, quale conoscenza spinse il Mastro costruttore a scegliere alcune materie prime piuttosto che altre; quali furono i metodi e gli strumenti di estrazione, quali le attrezzature e le energie di trasformazione, le formule di dosaggio dei componenti, le sequenze ed i tempi operativi, le tecniche di applicazione e rifinitura, le protezioni, ecc. Tutto ciò potrebbe rimanere un segreto irrisolto per qualsiasi ricercatore da laboratorio. C'è da ricordare che nel passato, la mancanza di spiegazioni teorico-scientifiche, unitamente ad un sistema d'apprendimento pratico-manuale, creava una mentalità dell'artigiano assai più ripetitiva; e ciò è dimostrato dai molti documenti d'archivio che ci mostrano capitolari dove la 'Regola dell'Arte' non lasciava assolutamente spazio ad autonomie fantasiose o personali inventamenti. L'esistenza d'intonaci e stucchi antichi, con caratteri che non sappiamo più riprodurre con gli stessi materiali, dimostrano di fatto che molte conoscenze empiriche sono andate, ahimè, perdute, e non sono ancora state riscoperte scientificamente.

La memoria di gesti ripetuti ed il perfetto risultato, che soddisfa le aspettative, è rimasta in persone che hanno ancora visto 'condurre il lavoro' alla vecchia maniera, o che sono artigiani che si ostinano ancora a non abbandonare la tradizione. *Tradizionale*, però, non significa necessariamente che viene *dal passato*. Basti soffermarsi a meditare sulle affermazioni d'alcuni operatori, i quali definiscono un intonaco in malta bastarda applicato a macchina, 'tradizionale', mentre un intonaco di calce, applicato comediocomanda, vien detto 'antico'.

Qui vorrei riflettere sul troppo abusato termine ‘tradizionale’. La parola ‘tradizionale’ deriva da ‘tradere’, che significa ‘tramandare’. Ma ‘tradere’, ahimè, e ‘tradire’ hanno la stessa radice. È inevitabile, pertanto, che quando oggi vien proposta l’antica *tradizione*, nasce impellente la necessità di verificare ove si nasconda l’insidia.

La *tradizione* viene dalla *manutenzione*. È la continua pratica che propone reiteratamente la medesima Arte, e garantisce che vi sia *tradizione*. Se, come è successo, vi sono stati lunghi anni di inattività delle Gilde e delle Scuole, è ovvio che non vi sia stato più nessuno cui tramandare la ‘Regola’. Dopo il salto di un’intera generazione, che non ha appreso nulla, a ricordare la *tradizione* non è rimasto che quel lacerto di malta nei laboratori della scienza, *che tutto ci può dire sulla materia, ma nulla sull’Arte*.

Da molti anni mi è stato chiesto se esista un libro, che sia il compendio della storia della calce e dei leganti. A questa domanda ho sempre risposto che vi sono molte fonti e pochissime innovazioni. Da Catone (III sec. a.C.), Vitruvio (I sec. a.C.), Alberti (XV sec.), Palladio e Scamozzi (XVI sec.), Milizia (XVIII sec.), ecc., sembra che la Regola dei Magister Calciarum non sia affatto cambiata.

Ben altro succede dopo il 1774, l’anno in cui l’eclettico primo meccanico di Sua Maestà Luigi XV (il Beneamato), M. Lorient, divulga alcune geniali osservazioni sul ‘mistero delle malte romane’. Saranno appunto gli interessantissimi esperimenti del Lorient a cambiare molte cose. Anzi, tutto.

Dalla fine del ’700 in poi, la letteratura definita classica inizia ad arricchirsi di straordinarie innovazioni che sono state, anche per la mia Scuola, un’insostituibile e preziosa fonte di informazioni che ci ha permesso di raggiungere esiti di chiarezza cognitiva e capacità progettuale, tali da condurci alla soluzione di enigmi, i quali, senza il supporto dell’esperienza di chi ci ha preceduto, sarebbero rimaste sterili e inutili osservazioni.

Il presente manuale, pur soffrendo d’un carattere che si può definire ‘empirico’ (il termine - come leggesi nei dizionari della lingua italiana - si riferisce a ciò che è ‘fondato sui dati contingenti dell’esperienza, quindi, estraneo al rigore scientifico e per questo generalmente sconsigliabile’), vuole comunque essere una risposta alla necessità per molti giovani artigiani e architetti progettisti, di riconquistare i rudimenti e le Regole che per duemila anni di storia sono stati l’immutata tradizione del costruire.

Ogni antica ricetta sarà analizzata criticamente, indagata in ogni singolo componente e sarà quindi riformulata tenendo conto della valutazione di compatibilità di impatto che ogni singolo preparato può avere con le istanze scientifiche e le richieste di sostenibilità nell’uso dei nuovi materiali nel cantiere storico e nell’edilizia contemporanea definita col neologismo di ‘bio-architettura’.

Sarà essenzialmente disquisito di pietre, mattoni, leganti, sabbie, pozzolane, cocciopesto, terre coloranti usate in passato; saranno suggerite composizioni e malte per ogni sorta d'intonaco o stucco, utili alla formulazione dell'abaco delle materie ed il loro colore.



§ 1. - Cenni storici



GIÀ 6000 ANNI prima di Cristo, troviamo testimonianze tangibili di mattoni crudi: famoso è l'uso del mattone per costruzione delle torri templari babilonesi, come quella di Ur, alte fino a 16 metri. La tecnica del mattone crudo era più che mai semplice: impastato, spesso combinato con paglia tritata, pressato e preformato, era lasciato ad indurirsi esposto al sole. Con il mattone crudo sono stati realizzati i primi agglomerati urbani (Gerico e Catal Hüyük) e, successivamente, le principali opere dell'architettura mesopotamica, che poi introdurrà l'uso generico del mattone cotto.

È attorno al 3000 avanti Cristo che appare il mattone cotto, ma è con la civiltà romana che la tecnica muraria con laterizi cotti trova largo impiego. L'arte di cuocere l'argilla è nota ai romani fin dal V sec. a.C. Ma per i mattoni cotti in fornaci, bisognerà attendere l'età dell'Impero. Ce ne dà conferma lo stesso Vitruvio nel suo trattato *De architettura*, riferendosi all'uso dei *lateres*, nella tecnica costruttiva del tempo.

La cottura dei mattoni fu una grande conquista, perché l'uso di mattoni crudi richiedeva un lunghissimo periodo di essiccazione, senza contare la maggiore resistenza del nuovo prodotto. È sintomatico che dopo la devastante alluvione del Tevere nel 54 a.C. l'impiego dei mattoni crudi, fu addirittura proibito a Roma, questo perché le acque avevano prodotto negli edifici invasi il dilavamento dell'argilla costituente le strutture murarie.

La crescita edilizia favorita dal mattone cotto, fu il tratto dominante di quegli anni. L'aumento della popolazione impose di raggiungere considerevoli altezze costruttive degli edifici, basti ricordare le *insulae* residenziali ostiensi, che grazie a strutture murarie portanti in laterizio cotto, raggiunsero i 4 piani. E con i mattoni si producono embrici per coperture, ovvero tegole e coppi, la forma e l'uso dei quali risalgono a civiltà antichissime. *Tegula* ha radici nel verbo *tegere*, 'coprire'.

A Roma predomina il mattone cotto in dimensioni standardizzate, impiegato sia come materiale strutturale, sia di paramento per i muri a sacco, con interno in calcestruzzo. Attorno al II secolo d.C. la produzione del laterizio cotto raggiunge ottimi livelli qualitativi e a questo periodo risale la consuetudine, presso le fornaci romane, di marchiare i laterizi con simboli di riconoscimento (bolli doliari) che permettevano di risalire al luogo di produzione e al periodo.



Mattoni crudi

Nell'antico Oriente il mattone crudo, essiccato al sole, aveva già avuto una lunga storia e tradizione, particolarmente in Mesopotamia e in Egitto, dove la pietra e il legno erano o troppo costosi o molto scarsi (e dove l'acqua e il calore del sole costituivano risorse inesauribili). L'Asia Minore, ricca di questi materiali, aveva meno bisogno di sostituirli, ma anche qui - come del resto in altre regioni d'Europa - il mattone era usato come materiale economico 'secondario', con o senza strutture lignee.

A Pergamo, Mileto, Aspendos e Side il mattone è stato impiegato anche nelle coperture a volta e a cupola di mausolei, mercati e rotonde (II sec. d.C.). In questi centri era diffuso anche il sistema di alternare, nelle murature, il conglomerato cementizio a corsi orizzontali di mattoni, che occupavano tutto lo spessore della parete.

A Roma, nello stesso periodo, il mattone era utilizzato invece per contenere, su entrambi i lati, il nucleo centrale della muratura, realizzato in conglomerato cementizio (*opus caementicium*).

Questo sistema (detto *opus testaceum*) consentiva di ridurre al minimo l'uso di casseforme in legno e di controllare accuratamente l'allineamento verticale e orizzontale della muratura.

In Italia il suo impiego si era già diffuso in tutte le regioni, grazie all'esperienza degli Etruschi, attraverso una fitta rete di fornaci.

Fin dalle origini il mattone ha avuto forma di parallelepipedo: testimonianza dell'attività dei primi fornaiaci è il mattone manubriato, chiamato così per la fessura utilizzata come presa per renderlo più maneggevole. Le sue misure erano cm 29,5 x 45 x 6,5 e il peso di 16 kg. Più tardi si è stabilito un preciso rapporto tra le sue tre dimensioni: di solito la lunghezza è il doppio della larghezza, e questa è due volte lo spessore.



Opus vittatum

L'uso del laterizio si generalizza rapidamente in strutture verticali, archi, volte, tetti, pavimenti, lastrici, solai, impiantiti, ecc.

Grazie al mattone si sviluppò un'architettura grandiosa, imponente per masse e originalità di schemi: terme, fori, basiliche, circhi, anfiteatri, templi, acquedotti, colonnati e quant'altro possiamo ancor oggi toccare.



Opus reticulatum

Declinata la civiltà romana, l'uso del laterizio prosegue nell'alto medioevo: dal mausoleo di Galla Placidia alla Basilica di San Vitale, e poi in avanti fino al Rinascimento, al Barocco, all'Ottocento e persino ai giorni nostri.

La storia della nostra civiltà è tutta di mattoni. L'ordinamento di mattoni nelle pilastrate e nelle murature, non è solo un'esigenza tecnica, è anche un esercizio d'arte. Disposizioni a fascia, a chiave, a coltello, a spina di pesce, a dentatura, a fortezza, a blocco, a croce, ecc., danno una concreta dimostrazione delle potenzialità d'uso del mattone.



Opus spicatum

Con la caduta di Roma, la tecnica di produzione del laterizio conosce un periodo di decadimento nell'area mediterranea trovando continuazione soprattutto nella cultura bizantina. I produttori di laterizio bizantini riattivano e perfezionarono i cromatismi del laterizio variandone le sfumature modificando la composizione degli impasti d'argilla e i tempi di cottura. Esempio eccellente dell'impiego del laterizio si osserva nella cupola di Santa Sofia a Costantinopoli progettata da Antemio di Tralles e Isidoro il Vecchio. La cupola ebbe però una tormentata vicenda, in quanto dopo una ventina d'anni crollò, principalmente per i due terremoti del 553 e 557, ma anche per una insufficiente azione di contrasto delle forze, generate dalla cupola ad arco ribassato, tendenti a divaricare le complesse strutture di piedritto.

L'incarico della ricostruzione fu affidato a Isidoro il Giovane che progettò una cupola semisferica riducendo di circa il 30% l'azione sui piedritti. Isidoro il Giovane aveva recepito la lezione 'impartita dall'edificio crollato', acquisendo la capacità di capire che una cupola a sesto ribassato, generava maggiori azioni inclinate sui piedritti.

Anche la cupola di San Vitale a Ravenna (circa 546-548) fu edificata in laterizio, ma con tubi fittili da circa 14 cm di diametro e 60 cm di lunghezza, utilizzati per contenere il peso e le azioni inclinate sui piedritti, dimostrando non solo la capacità di diminuire gli spessori della struttura archivoltata ma la sempre maggiore comprensione della azione ribaltante i piedritti e le modalità di assorbimento. Murature con speroni, contrafforti e tiranti lignei - e successivamente in metallo - dimostrano l'apprendimento del comportamento funzionale della struttura archivoltata.

Nel romanico e nel gotico, il laterizio faccia-vista convive accanto alla pietra in relazione alle culture locali. In Italia, data la larga presenza d'argille, prevale, rispetto al romanico e al gotico d'oltralpe, l'uso del laterizio; esempi eccellenti sono la basilica di Sant'Ambrogio a Milano o il Palazzo Comunale di Siena e la relativa 'Torre'.

Fra tutte le opere in muratura di laterizio eccelle, nel Quattrocento, la cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze, del Brunelleschi, voltata a doppia calotta ogivale con la particolare tessitura a *spinapesce* (Opus spicatum).

Nel Rinascimento, il mattone faccia-vista spesso lascia il posto a murature intonacate pur essendo ancora utilizzato in opere come il Palazzo Ducale d'Urbino e nelle fortificazioni.

Le prime 'regole' scritte per costruire con la muratura iniziano ad apparire nel Rinascimento: Palladio (1574) codifica la regola di diminuire progressivamente lo spessore delle murature con il procedere in altezza, e soprattutto specificava che «il mezo de' muri di sopra deve cascare a' piombo al mezo di quelli di sotto; onde tutto il muro pigli forma piramidale», sancendo, in pratica, la regola che nelle murature il carico debba essere applicato il più possibile in maniera assiale per evitare i fenomeni di presso-flessione.

Uno dei primi procedimenti per il proporzionamento dello spessore delle murature è presente nelle opere di Guarino Guarini (1674), il quale propone un metodo lineare per stabilire lo spessore delle murature portanti pari a 1/10 dell'altezza rispetto alle murature del piano più alto, spessore da aumentare progressivamente, scendendo verso il basso, di un quarto di piede.

Nel Settecento, Teofilo Gallacini (1767), avverte ancora il problema della proporzionalità degli spessori, specificando la necessità di diminuirli in progressione all'altezza. Ancora nel Seicento italiano troviamo architetture eccellenti con murature in laterizio faccia-vista. Per esempio il Borromini, nell'Oratorio dei Filippini a Roma, utilizza magistralmente tale soluzione.

Con la rivoluzione industriale il mattone, a vista come intonacato, diviene uno dei materiali privilegiati per la realizzazione d'edifici residenziali ed industriali.

J. B. de Rondelet (1803) diffonde il criterio della proporzionalità dello spessore delle murature pari a $1/8$, $1/10$ e $1/12$ dell'altezza di interpiano.

J. Claudel (1852) nel suo *Manuale degli Ingegneri, Architetti e Misuratori* ribadisce la validità del procedimento di Rondelet. Il trattato di N. Cavalieri di San Bertolo (1845) è fra i primi ad essere corredato di tabelle sui valori del 'peso specifico' e della 'resistenza assoluta' degli elementi per murature, elaborati sulla base delle ricerche di Coulomb, Tredgold, Rondelet e altri. Inoltre San Bertolo intuisce che in una muratura la presenza di un mattone *debole* diventa punto cruciale di *debolezza* per tutta la compagine muraria. Inoltre, prescrivendo di ridurre a metà il valore della resistenza minima a compressione, espone con chiarezza il principio del metodo delle tensioni ammissibili (per una muratura in laterizio e buona malta prescrive un 'carico di sicurezza' non superiore a 20 kg/cm^2).

Gauthey (1732-1806), citato da San Bertolo, è fra i primi a compiere rigorose sperimentazioni sulla resistenza dei mattoni. Già nel 1774 nel *Journal de physique*, rileva che la resistenza a compressione dei laterizi per murature varia fra 130 e 170 kg/cm^2 , valori più alti di quelli rilevati da J. Rennie che nel 1818 pubblica, nel *Philosophical Transaction*, i risultati delle sue ricerche sui mattoni inglesi, trovando che tali mattoni avevano resistenze variabili fra 40 e 120 kg/cm^2 .

L. Vicat, nel 1833, compie invece una serie di sperimentazioni per la valutazione delle resistenze dei mattoni di argilla cruda, individuando in valori non superiori a 30 - 35 kg/cm^2 , la resistenza massima degli elementi essiccati al sole.

Dalle ricerche in atto, nella seconda metà dell'Ottocento inizia a consolidarsi la conoscenza che la resistenza della muratura non dipende solo da quella dei singoli elementi ma anche e soprattutto dalla malta, e quindi iniziano a comparire tabelle e indicazioni che forniscono la resistenza del setto murario. G. A. Breyman nel suo celebre trattato *Baukonstruktionslehre* (1884), fa riferimento alle regole lineari di Rondelet da verificare a compressione e presso-flessione secondo i metodi della scienza delle costruzioni.

In Italia il trattato di G. Curioni (1884) riporta accurate tabelle di resistenza dei mattoni in funzione della fornace, con valori variabili da 40 kg/cm^2 per i mattoni poco cotti *albasi*, ai 150 kg/cm^2 per quelli *troppo cotti o ferraoli*.

Il *Manuale dell'Architetto* di D. Donghi (1905) propone una tabella dei valori 'di sicurezza' della muratura in rapporto alla resistenza dei mattoni: le tensioni 'di sicurezza' proposte dal Donghi variano da un minimo $0,75 \text{ kg/cm}^2$ ad un massimo di 14 kg/cm^2 nel caso di murature realizzate con mattoni 'durissimi'.

Attorno alla metà del Novecento iniziano a diffondersi le normative per le costruzioni in muratura, norme che in Italia sono rese attive solo dal 1987. Per esempio, il *British Standard Code of Practice*, degli anni Cinquanta e Sessanta imponeva un procedimento per la valutazione della snellezza delle murature e quindi la verifica rispetto alle tensioni ammissibili. Analogamente le norme tedesche imponevano spessori minimi delle murature e la verifica alle tensioni medesime.



Successivamente la muratura portante in laterizio è spesso offuscata dalla diffusione del telaio in calcestruzzo armato, che relega alla muratura il ruolo di tamponamento.

In Italia, con la ricostruzione del secondo dopoguerra, la muratura portante è utilizzata per edifici residenziali di non oltre tre piani e la successiva normativa degli anni Ottanta, sancisce una metodologia di calcolo semplificata per la muratura portante.

L'uso della muratura portante faccia-vista, ha ritrovato, alla fine del Novecento, rinnovato interesse in diversi architetti.

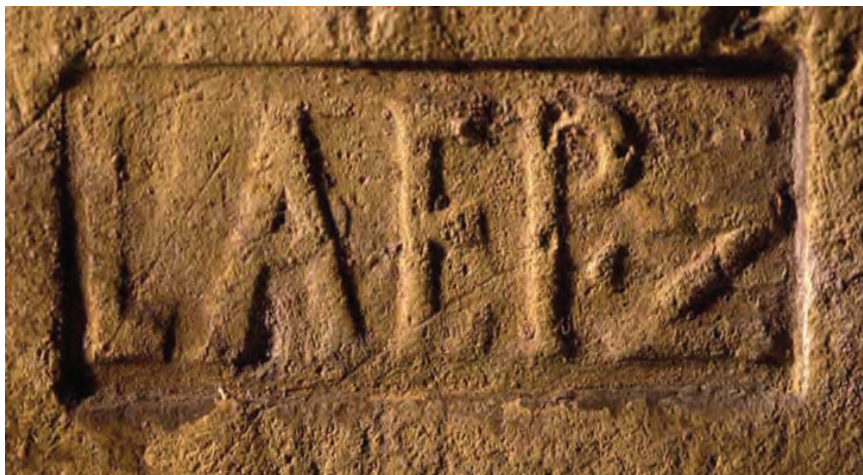
2. - Mensiocronologia: datazione basata sulle misure dei mattoni

Verso il 1970 si è cominciato a parlare di archeologia dell'architettura e dell'edilizia. Ci si rese conto che anche per gli elevati si doveva far riferimento ai rapporti stratigrafici delle varie componenti murarie. Non sempre però i principi di stratificazione per il materiale sepolto coincidono con gli elevati, perché non è detto che un manufatto, che stia sotto ad un altro, sia più antico. Uno dei primi obiettivi di coloro che si sono occupati d'archeologia dell'edilizia è quello di costruire sequenze tipologiche di murature per ambiti subregionali.

Tra i metodi di datazione degli elevati c'è la mensiocronologia dei mattoni, ossia la datazione basata sulle loro misure. Nei monumenti di Roma sono state studiate differenze dello spessore dei mattoni d'età imperiale. In un momento dell'alto medioevo, forse VIII-X sec., è avvenuto un cambiamento nelle misure base del mattone, con l'abbandono dei moduli romani per l'adozione di un nuovo modulo, che è rimasto ovunque in uso fino ad ora: un piede per mezzo piede (30x15 cm).

Metodi mensiocronologici sono stati applicati sia ai muri in conci di pietra, sia alle strutture in mattoni.

Ci sono due differenti cause della variazione delle misure: una legata a fenomeni casuali e un'altra volontaria. Le variazioni casuali possono essere dovute al ritiro in cottura dei mattoni, sia per le percentuali di minerali argillosi presenti nella materia prima, sia dalla temperatura massima di cottura, che non è uguale in ogni punto della fornace.



Bollo doliare

Secondariamente, le variazioni dimensionali possono dipendere dal lavoro manuale durante il riempimento degli stampi di legno.

Una prima spiegazione per le cause volontarie, è stata ricavata dall'analisi dei contratti di forniture, contenuti in atti amministrativi e notarili: i mattoni sono sempre stati valutati a numero. A causa delle leggi di mercato erano più convenienti i mattoni di maggior pezzatura, i quali però davano un minore guadagno ai fabbricanti. I fornaciai potevano aspirare a maggiori guadagni usando stampi di misure ridotte. La motivazione poteva essere giustificata anche dalla svalutazione della moneta, che era compensata da una diminuzione del volume del materiale cotto; fenomeno assai diffuso geograficamente e cronologicamente.

La mensiocronologia dei mattoni è un metodo basato su elaborazioni matematiche. La precisione ottimale, nel rilevamento delle misure, è quella al millimetro. È importante la scelta dei punti fra i quali va fatta la misura al millimetro, per diversi motivi.

Prima di tutto, i mattoni possono presentare giunti con malta abbondante che copre parzialmente i loro spigoli i quali, nella formazione delle produzioni a mano, sono quasi sempre un po' arrotondati. Bisogna liberare i bordi dalla malta in eccesso per poter effettuare le misure tra i due lati opposti. Nella larghezza e nella lunghezza possono essere presenti anche scheggiature o rotture che impongono di scartare il mattone. Per lo spessore si deve misurare il punto sull'altezza media, oppure quello minimo e quello massimo.

Non è raro che in una struttura siano stati usati mattoni di recupero; si ha quindi un'alterazione della media, in quanto sono presenti misure diverse e un differente rapporto tra la datazione di un gruppo di mattoni e la datazione della struttura di cui essi fanno parte. In questo caso, allora, i mattoni più piccoli rappresentano il termine *post quem* di costruzione della struttura.

Un altro caso è costituito dalle imitazioni di mattoni storici fatte eseguire, dai restauratori, tra la fine del secolo XIX e gli inizi del XX. La distinzione si basa sia sulla presenza di qualche mattone più recente e sia sulle differenze di composizione di finitura delle superfici e dello stato di degrado.

La capacità di controllo del ciclo produttivo è la migliore chiave di lettura per comprendere i modelli edilizi della società altomedievale.

L'edilizia degradata dell'età di transizione starebbe a significare un basso grado di controllo da parte di una società profondamente mutata, le cui condizioni economiche avrebbero innescato un meccanismo di riutilizzo improvvisato e carente di specializzazioni artigianali: l'edilizia di questo periodo è di adattamento e di sopravvivenza.

3. - Elementi di metrologia antica

Si ritiene sia importante, per coloro che si occupano del rilievo archeologico, conoscere la metrologia antica. I rilievi vanno effettuati utilizzando il sistema metrico decimale e la lettura delle misure non va forzata per farla tornare con i valori in uso nel passato, ma deve restituire dati precisi e oggettivi. Tuttavia tenere in mente le unità di misura antiche, mentre si opera sul campo, può in molti casi darci utili informazioni, aiutarci nell'interpretazione del contesto e consentirci di verificare le misure prese, segnalandoci eventuali errori. La metrologia gioca poi un ruolo fondamentale ai fini della ricostruzione degli edifici. Le parti scomparse sono restituite tenendo conto, in mezzo a molti altri fattori, dei rapporti modulari attestati nelle parti conservate del monumento rispetto all'unità di misura fondamentale. Mi limiterò, in questo quaderno, a fornire alcune nozioni di base, rimanendo per gli approfondimenti alla letteratura specifica in materia.

Nell'antichità le misure lineari furono definite in relazione al corpo umano. Nelle civiltà del Vicino Oriente l'unità fondamentale era il *cubito*, che corrispondeva alla lunghezza dell'avambraccio, dal gomito alla punta del dito medio, a mano aperta. Due cubiti formavano un *braccio*; il doppio del braccio equivaleva alla *tesa* (in latino *tensa*), misura pari alla distanza tra le punta delle dita medie di un uomo che stia a braccia aperte.

I sottomultipli del cubito seguivano diversi tipi di suddivisioni, tra cui prevarrà quella in ventiquattresimi. La lunghezza più piccola era costituita dal *dito*, considerato secondo il suo spessore. Moltiplicando quattro volte questa misura si otteneva un *palm*, il quale corrispondeva alla larghezza della mano, escluso il pollice. Sei palmi, nei sistemi in cui l'unità era divisa in ventiquattro parti, formavano un cubito.



La lunghezza del cubito, testimoniata da diversi campioni che si sono conservati, presenta valori differenti tra le antiche civiltà. Presso i sumeri equivaleva a cm. 49,5. Nella cultura egiziana - il *cubito reale* - misurava tra i 52 e i 53 cm., e ciò valeva sin dal terzo millennio avanti Cristo. Il *cubito reale egiziano* ancor si ritrova in età augustea, come documentato rispettivamente da un campione di marmo del 2600 a.C. e da un altro proveniente dal *Macellum* di Leptis Magna.

Il cubito punico - anche questo riportato sul campione di Leptis Magna - era pari a cm. 51,4-51,7.



Nel mondo greco e romano l'unità fondamentale diventa il *piede*, ma viene mantenuto un rapporto metrologico con il cubito il quale risulta pari esattamente a un piede e mezzo. I sottomultipli del piede seguono pertanto una suddivisione in sedicesimi, che trova una corrispondenza con quella in ventiquattresimi del cubito. Il dito (*digitus*, 1,8 cm) resta il più piccolo sottomultiplo di entrambi i sistemi, e corrisponde quindi a $1/24$ di un cubito e a $1/16$ di un piede. Il palmo minore equivale a $1/6$ di un cubito e a $1/4$ di un piede.

Questi rapporti proporzionali sono attestati in un interessante rilievo metrologico da Salamina dove sono rappresentati con disegni antropomorfi un braccio, un cubito, una mano aperta e un piede. A Roma viene adottata, accanto a quella in sedicesimi, anche una suddivisione del piede in dodicesimi, valore pari alla larghezza del pollice (*pollex* o *uncia*). Ciò è chiaramente testimoniato anche dal campione di Leptis Magna dove il rettangolo che riproduce le dimensioni del piede romano è suddiviso nel senso della lunghezza in quattro parti (*quadrantes*), ciascuna equivalente a un *palmus minor*; il *palmus* di destra è a sua volta suddiviso in quattro *digiti*, quello di sinistra invece in tre *unciae*.

Per quanto riguarda i principali multipli e sottomultipli del *piede greco* forniamo qui sotto i seguenti rapporti:

Piede	1
Palmo maggiore	$3/4$ ($12/16$) = $1/2$ cubito
Semipiede	$1/2$ ($8/16$)
Palmo minore	$1/4$ ($4/16$)
Dito	$1/16$
Cubito	$1 + 1/2$
Braccio	$6 = 4$ cubiti
<i>Plethron</i>	100
Stadio	600



Il palmo minore, corrisponde come si è detto, allo spessore della mano escluso il pollice, il palmo maggiore, invece, è pari alla distanza tra la punta del pollice e quella del mignolo tenendo le dita divaricate.

La lunghezza del piede presentava in Grecia valori differenti. Da oltre un secolo gli studiosi ne hanno individuato almeno tre tipi: il *piede dorico*, uguale a 0,326 m, particolarmente diffuso in Attica, Peloponneso e Sicilia, il *piede attico-cicladico*, pari a 0,294 m, da cui deriverà quello romano, e il *piede ionico* o *samio* di 0,348 m, che moltiplicato per uno e mezzo dà una misura uguale (0,522 m.) a quella del cubito reale egiziano (vedasi anche il futuro piede e cubito veneziano).

I rilievi degli edifici greci effettuati negli ultimi decenni hanno generato tuttavia molte incertezze, in quanto si ravvisano spesso unità di misura con valori differenti rispetto a quelli già noti. È stato riconosciuto ad esempio anche un piede di 0,308 m (o 0,302 nei Propilei dell'Acropoli di Atene); in alcuni casi risulterebbe addirittura che fossero stati utilizzati piedi diversi all'interno della medesima costruzione. Lo stesso campione antropomorfo di Salamina ha dato luogo a discussioni in merito alle esatte misure degli elementi che vi sono rappresentati.

Analoghe incertezze sussistono per le architetture etrusche e romane fino al III sec. a.C. Per le fasi più antiche è stato riconosciuto un *piede osco-italico* di circa 0,275, con misure in realtà molto oscillanti, cui si affiancano, soprattutto dal IV sec, altri piedi con valori sensibilmente più alti (0,31 m e oltre) che sono stati imputati all'arrivo di maestranze greche. In conclusione, l'uso del *piede romano*, uguale a circa 0,296 m, si stabilizza a partire dal II sec. a.C. e dura per tutta l'età imperiale. Nella tarda antichità si diffonde in Italia, assieme al più comune piede romano, il *piede bizantino* di 0,312 m, come ritrovato in alcune chiese paleocristiane.



Sottomultipli principali del piede romano

Pes		12 unciae	16 digiti	0,2958 metri
dodrans (palmus maior)	$\frac{3}{4}$	9	12	0,222
bes	$\frac{2}{3}$	8		0,197
semipes	$\frac{1}{2}$	6	8	0,147
triens	$\frac{1}{3}$	4		0,099
quadrans (palmus minor)	$\frac{1}{4}$	3	4	0,074
uncia	$\frac{1}{12}$	1		0,024
digitus	$\frac{1}{16}$		1	0,018



Multipli del piede romano

pes	1	0,29581 m
cubitus	1+1/2	0,444
gradus	2+1/2	0,739
passus	5	1,479
pertica	10	2,958
actus	120	35,497
stadium	625	184,88
miliarium	5000	1479,05
leuga	7500	2218,57

Misure romane agrimensorie (di superficie)

pes quadratus	1	0,0875 mq
scripulum	100 pedes quadrati	8,75
actus quadratus	144 scripula	1260
iugerum	2 actus quadratus	2520
heredium	2 iugera	5040
centuria	100 heredia	504.000
saltus	4 centuriae	2.016.000

Il sistema di misura dei romani era quindi basato sul piede, il quale era composto di 4 palmi, a loro volta suddivisi in quattro dita (4 digiti).

Il passo corrispondeva a due piedi e mezzo mentre la pertica a dieci piedi; il miglio a mille passi e la lega a 1 miglio e mezzo.

Nel periodo medievale la suddivisione in sedici (4x4) fu sostituita con un nuovo sottomultiplo: il pollice, che corrisponde a 1/12 di piede (Uncia).



Opus mixtum

4. - *La misura come strumento di governo*

Fino all'avvento degli standard internazionali, nel XX secolo, le misure erano sostanzialmente 'locali' e diversificate, fra loro, in base all'ambito d'applicazione.

Si individuavano quindi, unità di misura per le lunghezze - comunque distinte per i vari materiali da misurare -, di capacità, di peso, ecc.

Tutta la storia dell'umanità è stata caratterizzata dall'alternarsi di processi di standardizzazione delle misure (generalmente in corrispondenza all'avvento di poteri forti) e di disarticolazione in una molteplicità di sistemi locali autonomi.

Ci fornisce un'idea della situazione un testo di geometria scritto a metà '700: «Il piede ha dodici pollici: questo, secondo i moderni scrittori francesi, si chiama 'piede reale'.

In Italia però lo chiamano 'piede di once 12'; le quali per essere state dall'uso volgare in molte e molte città di essa, e ne' loro territori sensibilmente accresciute ed alterate, così punto non accordano col dito, o pollice sopradetti».

Infatti, ecco alcune misure dei *piedi locali* in centimetri:

Bisanzio	31,12;
Torino	34,20;
Milano	43,50;
Como	45,10;
Bologna	38,00;
Ferrara	40,30;
Ravenna	37,80;
Rimini	54,30;
Venezia	34,77;
Verona	34,30;
Padova	35,73;
Treviso	40,81;
Perugia	36,60.

E per quanto riguarda la lunghezza del *braccio* in cm.

Modena 52,3;

Toscana 58,4;

Parma 54,5.

... e il *palmò maggiore*?

Napoli 26,2;

Sicilia 24,1;

Genova 24,9.



Embrici

§ 1. - Cenni storici



A PIETRA rappresenta il prevalente supporto materiale delle più tipiche espressioni insediative ed infrastrutturali di gran parte del paesaggio italiano o, in altri termini, del suo patrimonio storico; espressioni che, ai fini di una più acuta valutazione degli elementi, ne compongono la fisionomia.

Il manufatto di pietra, come elemento di serie, precede l'epoca dell'industrializzazione moderna e risale ancora alla preistoria, con le selci lavorate, ed alle civiltà: fenicia, egiziana, greca e romana ed al rinascimento come ripetizione di elementi di serie.

La moderna prefabbricazione si riferisce proprio all'edificio in cui la pietra si inserisce come elemento di serie a completamento di una fase costruttiva.



La pietra esprime bene il principio estetico della varietà nell'unitarietà dell'insieme, dove i singoli elementi sono fonte di ricchezza espressiva nella loro varietà (di forma, di taglio, di posa in opera, di trattamento delle superfici) mentre l'insieme del manufatto assume, per l'uniforme natura del materiale, un carattere forte e vigoroso.

Dai primi ripari naturali costituiti da cave nel nord est della Cina, ai villaggi nella roccia della Turchia fino ai più

vicini e caratteristici 'sassi' di Matera, milioni di persone hanno vissuto in ambienti ai quali la roccia forniva il naturale riparo.

Fin dalle origini l'uomo ha stabilito, con la pietra, un particolare rapporto che si è mutato con il susseguirsi delle civiltà e delle epoche. Infatti, dopo un primo uso 'passivo' in età preistorica, quando l'uomo utilizzava per dimora le caverne, si è passati ad un uso 'attivo', in cui il materiale era estratto e lavorato secondo le diverse esigenze costruttive.

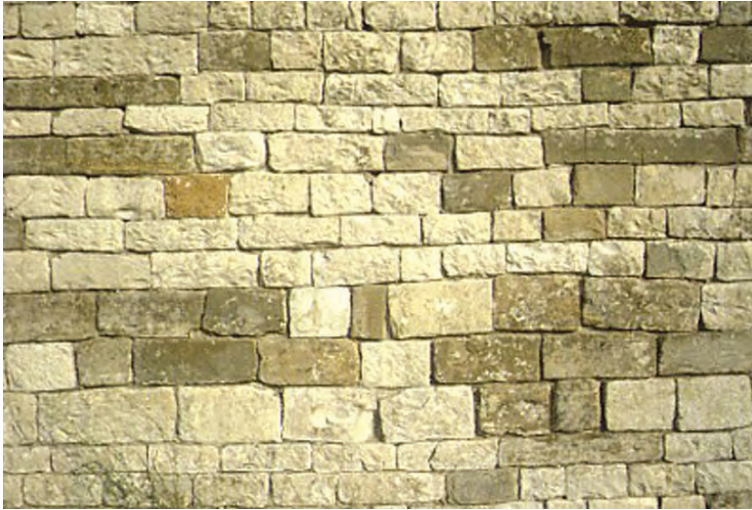
A fronte di un'edilizia povera in legno o in argilla, la pietra ha costituito fin dalle epoche più antiche l'elemento fondamentale dell'edilizia sacra ed imperiale, assurgendo a simbolo di immutabilità e di potere.

L'introduzione del bronzo e la conseguente fabbricazione di utensili ha permesso una prima lavorazione della pietra, fornendo la possibilità di edificare con l'ausilio di massi più o meno regolari, ad esempio nelle caratteristiche strutture dei nuraghe sardi. Anche il mondo egizio antico, benché le abitazioni fossero abitualmente realizzate in mattoni di paglia e argilla, ricorreva alla pietra, non solo per l'erezione delle maestose piramidi, ma anche per le costruzioni più importanti, come il gigantesco complesso di Luxor, intagliato nella roccia. Così pure nell'antica Grecia l'uso della pietra era circoscritto alle parti più importanti degli edifici ed in particolar modo alle opere d'interesse pubblico, destinate a durare più a lungo. L'abilità e la maestria dei Greci nel taglio e nella costruzione in pietra, esaltati in più dallo splendore del marmo pario, ne mettono in risalto il lato estetico. A Roma la pietra acquista spesso valore di materiale di rivestimento. Questo decreta una nuova tendenza che valorizza la pietra quale materiale decorativo, a scapito dell'originario concetto di robustezza, che la vedeva impiegata soprattutto in funzione strutturale. Il Medioevo vede ancora cittadine e paesi con case prevalentemente in legno, cui vanno però gradatamente sostituendosi gli edifici in pietra via via che aumenta il tenore di vita; finché con la crescita di un ceto medio la pietra o il cotto, secondo le prevalenti risorse locali, diventa il materiale privilegiato per le costruzioni.

Le difficoltà dei trasporti, dovute alla carenza di vie di comunicazione ed alla mancanza di mezzi idonei al trasporto di materiali pesanti come la pietra, hanno fatto in modo che l'utilizzo del materiale locale fosse la scelta più semplice e ovvia. Questo ha permesso lo sviluppo e la caratterizzazione di stili e di tecniche costruttive differenti in ogni regione, in dipendenza anche dalle particolari caratteristiche di resistenza, lavorabilità e dal cromatismo delle pietre locali.

Dal punto di vista mineralogico, le pietre sono classificate in tre grandi gruppi: *igne*, *sedimentarie* e *metamorfiche*, dipendentemente dalla loro formazione geologica. La pietra più utilizzata nelle costruzioni è il *granito*, appartenente al gruppo delle ignee; date le sue caratteristiche di elevata durezza, di resistenza alle intemperie e all'acqua, nonché alle diversità di colore - che vanno dal grigio all'argento e dal rosso al bianco - è comunemente utilizzata per le strutture portanti, per pavimentazioni e arredo urbano. Altri tipi di rocce ignee utilizzate in edilizia sono la *selce*, con buone caratteristiche di durezza, ma friabile, con colori che variano dal nero al grigio, marrone e bianco e il *basalto*, che deriva da un flusso di lava solidificato e presenta colori scuri: verde, blu, marrone e nero.

Le rocce sedimentarie si formano dalla cementificazione, in condizioni particolari di pressione, di sabbie e pietrisco derivanti dall'erosione delle rocce ignee. Le più comuni di questo secondo tipo di rocce sono le arenarie di colore beige, oro, grigio e rosa. Un'altra roccia sedimentaria utilizzata nelle costruzioni è il calcare, in origine adagiato sotto i fondali marini e contenente depositi di conchiglie fossili; ha colori che variano dal bigio-azzurro, al bruno, al bianco crema.



Le rocce metamorfiche si sono formate attraverso una trasformazione delle rocce ignee o sedimentarie; vengono spesso utilizzate per lavori di rivestimento, copertura e ornamento. Particolarmente conosciute in edilizia sono soprattutto l'*ardesia*, vari tipi di *marmi* e l'*alabastro*. Appartiene a questa categoria il materiale comunemente denominato 'verde Alpi', che costituisce una delle pietre ornamentali più note e pregiate.

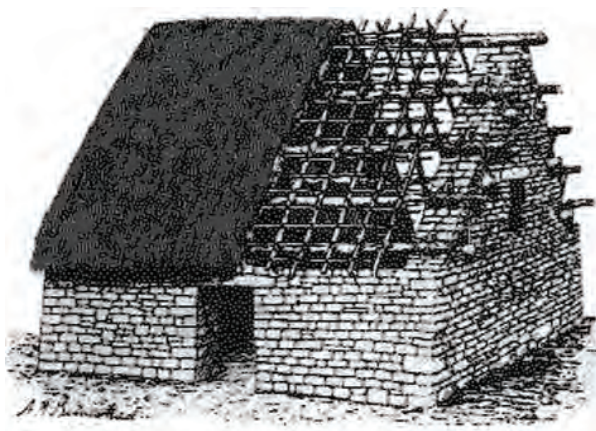
La muratura costituisce l'impiego più specifico della pietra: è lei che dà sostanza e forma, pregio e durata agli edifici. L'opera di Vitruvio ha consolidato una classificazione tipologica della messa in opera di murature in pietra; la variabilità dei risultati estetici è poi dipendente dall'opportuna scelta delle singole pietre, dai diversi procedimenti per l'esecuzione dei giunti e dalla ricerca di equilibri cromatici. Si possono, per semplicità, individuare quattro grandi gruppi tipologici di muratura, secondo le tecniche costruttive: *muratura in pietra con pezzatura irregolare*; *muratura con pezzatura regolare*; *muratura mista in pietrame e laterizio* e *muratura in pietrame a secco*.

Nella muratura a pezzatura irregolare, si utilizza il materiale così come proveniente dalla cava, con scapoli prismatici irregolari; prima della messa in opera, con alcuni colpi di martellina si adatta la pezzatura alla particolare collocazione cercando di evitare gli allineamenti verticali per scongiurare lesioni future e pulendo e bagnando le pietre per mantenere intatto il potere legante della malta.

La muratura ordinaria di pietrame naturale a pezzatura regolare è costituita invece da pietre preventivamente squadrate in blocchetti parallelepipedi disposti ad assise orizzontali. La regolarità delle componenti rende agevole la tessitura.

La muratura cosiddetta ‘a secco’ è caratterizzata dall’assenza di legante: le pietre vengono messe in opera, semplicemente appoggiandole l’una sull’altra. La resistenza della struttura realizzata con questa tecnica è affidata, in questo caso, alla sua massa inerziale, e perciò è condizionata al mantenimento dei carichi sulla verticale del muro; ha una fondamentale importanza, inoltre, che le pietre siano ‘tessute’ con particolare attenzione, facendole appoggiare in maniera ben solida sul giro sottostante. L’abilità del muratore consiste proprio nel colpo d’occhio con cui individuare la pietra della forma e pezzatura giusta e nel rilevare, battendola leggermente con il martello, la sua condizione d’appoggio. Il materiale deve essere più omogeneo possibile, e il muro deve avere una sezione maggiore di quella di un muro con legante.

È opportuno richiamare il comportamento della muratura e la naturale tendenza all’assessamento: quando questa avrà raggiunto una certa dimensione e una certa altezza, il peso proprio la ridurrà per compressione. Questo provocherà oltre all’abbassamento della parte costruita, anche l’allargamento della sezione mediana. Si dovrà valutare la corretta disposizione della pezzatura dei conci e le differenti sezioni alle diverse altezze del manufatto.



2. - *La Pietra e la letteratura classica*

Ecco alcuni brani, tratti da testi d'importanti Autori classici, Manualisti ottocenteschi e di Trattatisti moderni, per quanto attiene l'impiego delle rocce come materiali da costruzione e come materiali ornamentali.



M. Vitruvio, *I dieci libri dell'architettura*, tradotti et commentati da Mons. Daniele Barbaro, 1567 (libro II, capo VII).

«Il pietrame che serve per la muratura può essere di due specie: l'una si usa per la preparazione delle malte l'altra per costituire la struttura dell'edificio».

Plinio, *Storia naturale*, I sec. A.D., (libro XXXVI, capo I).

«[...] seguita che si dica per ordine delle petraie, delle quali gran copia di quadrati sassi, e di cementi si cavano per gli edificij. Queste si trovano di varie, e molto dissimiglianti maniere, perché alcune sono molli, come d'intorno a Roma, le Rosse, le Paliane, le Fidenate, le Albane; alcune temperate come le Tevertine, le Amiternine, le Sorattine, e altre di questa maniera. Alcune poi sono dure, come sono le selici».

Leon Battista Alberti, *Dell'architettura*, 1485 (libro II, capo VIII).

«Non è fuor di luogo aver un'idea di quanto varie e sorprendenti siano le qualità delle pietre, in modo da potersene servire ai diversi fini che a ciascuna competono nella maniera più appropriata».

Leon Battista Alberti, *Dell'architettura*, 1485 (libro II, capo IX).

«Avendo noi ragionato così in genere di tutte le pietre, che o per ornamenti o per iscolture servono agli artefici ne' loro bisogni, diciamo ora che quando elle si lavorano per la fabbrica, tutto quello dove si adopera la squadra e le seste e che ha cantoni, sia chiama lavoro di quadro. E questo cognome deriva dalle facce e dagli spigoli che son quadri [...]. Ma se l'opra non resta così pulita, ma si intagli in tai cornici, fregi, fogliami, uovoli, fusaruoli, dentelli, guscie, et altre sorti d'intagli [...] ella si chiama opra di quadro intagliata o vero lavoro d'intaglio».

Giorgio Vasari, *Le vite ...*, 1568 (Introduzione, capo II).

«Delle pietre altre habbiamo dalla Natura, altre sono fatte dall'industria de gli uomini: le naturali si cavano dalle petraie, e sono o per far la calce, o per fare i muri [...]. Quelle delle quali si fanno i muri, o sono marmi e pietre dure, che si dicono anco pietre vive; overo sono pietre molli e tenere».

Andrea Palladio, *I quattro libri dell'architettura*, 1570 (libro I, capo III).

«Le materie vogliono esser tali, che per qualità possino costruire tutto il corpo, e le parti principali dell'edificio, e perciò è necessario avere questa avvertenza, che altre materie si convengono a costruire, e elevare un genere di edificio, e altre ad un altro: [...] i Tempj, e i palazzi pubblici de' Principi, o siano delle Republiche, e simili altri devono essere fatti de materie, che per la loro natura sono molto durabili, e anco se si può di specie nobile, e delicate. Le prime, e anco più robuste, e grandi, e gravi, e piene d'ogni bellezza serviranno per le fondamenta, e mura, e per i piani, e tetti, e le altre poi si distribuiranno ad uso degli ornamenti; affine che secondo le specie e qualità loro siano distribuite ne' luoghi più convenevoli, e possino far validamente l'ufficio loro, la qual cosa è di somma importanza all'edificare bene».



Opus sectile

Vincenzo Scamozzi, *L'idea dell'architettura universale*, 1615 (Tomo II, libro VII, capo II)

«I marmi che l'architettura impiega per la decorazione de' suoi più nobili edificj sono di più colori: bianchi, neri, gialli, verdi, rossi variati e frammisti di macchie, di vene, di mosche, di onde, di nuvole differentemente colorite. [...] Questa diversità di tinte esige primieramente un buon senso nell'architetto per applicarle seconda la convenienza de' soggetti. I marmi di colori vivaci converranno per le decorazioni degli archi trionfali, delle fontane, de' teatri, degli appartamenti, de' cammini e di altre opere gaje. Ne' templi e negli altari si impiegheranno marmi di colori diversi. E ne' mausolei e nelle tombe non si useranno certo quelli di colore allegro. In secondo luogo il differente colorito dei marmi richiede nell'architetto un'intelligenza per combinarli insieme in un'opera, affinché ne risulti un accordo pittoresco».

Francesco Milizia, *Principi di architettura civile*, 1803 (parte I, libro IV, capo XII).

«Sotto due aspetti possono riguardarsi le pietre da costruzione: altre si usavano ne' fondamenti e nell'interno de' muri, altre nell'esterno degli edificj».

Faustino Corsi, *Delle pietre antiche* 1845 (parte I).

«Per pietre da decorazione comunemente s'intendono quelle che a cagione de' bei colori, delle belle forme delle macchie, e della lucentezza che prendono sono buone da ornare gli edificj, ma che peraltro si trovano in grandi massi, onde formare statue, colonne, tazze, vasche ed ornati di architettura [...]. Gli scarpellini dividono le pietre da decorazione in due classi, cioè in tenere e in dure. Le calcari, le argille, le serpentine, i gessi, gli spati e le ardesie che facilmente si tagliano chiamansi tenere: le basalti, i porfidi, i graniti ed i così detti serpentini (porfidi verdi dei mineralogi) chiamansi dure, perché si tagliano con difficoltà».

Faustino Corsi, *Delle pietre antiche*, 1845 (parte II).

«I materiali naturali si estracono dai loro giacimenti (cave) e poi, se occorre, si lavorano colle forme e dimensioni richieste. Il loro allestimento comprende quindi due argomenti principali: estrazione e lavorazione I pezzi di roccia che si cavano con dimensioni molto superiori alle richieste, si dividono in pezzi minori; questi, se devono impiegarsi con una forma che loro manchi, si sbizzano; indi si compiscono in riguardo tanto alla forma come al grado di liscchezza delle loro superfici. La lavorazione delle pietre comprende quindi tre operazioni principali: divisione, sbizzo, compimento. Esse richiedono strumenti e mezzi lavorati a mano o a macchina, e si eseguiscono con metodi diversi seconda la natura delle pietra, o diversi da un paese all'altro secondo le abitudini locali».

Francesco Salmoiraghi, *Materiali naturali da costruzione*, 1892.

I materiali lapidei utilizzati in campo architettonico si suddividono secondo la lavorazione cui possono essere sottoposti.

- Pietra grezza (pezzi informi per spaccatura); pietra concia (forma definita con molta tolleranza mediante sbozzo di pietra grezza): per murature ordinarie.
- Pietra da taglio (lavorata su tutte le facce fino alla martellinatura): per murature speciali.
- Lastre non lucidate né scolpite (due dimensioni prevalenti sulla terza): per pavimenti, rivestimenti, scale, coperture.
- Manufatti e lastre lucidati o scolpiti: per decorazioni.

«I materiali che ricevono una lavorazione spinta fino alla lucidatura o alla scultura, sì a basso che ad alto rilievo, e che sono riservati al rivestimento o al compimento ornamentale di opere edilizie sontuose o di costruzioni monumentali, si qualificano per decorativi. Una distinzione netta non può farsi però fra di essi e la pietra da taglio; rimane specialmente incerto il criterio dipendente dal genere di scultura. Una cornice od un architrave con modanature semplici possono ancora iscriversi alla pietra da taglio; se invece hanno modanature complicate o se portano fregi scolpiti, spettano ai materiali da decorazione [...]. Non tutte le rocce lucidabili soddisfano in ugual modo tutti i casi dove occorrono decorazioni lucidate. A parità di condizioni economiche (prezzo, lucidabilità), influisce nella scelta il colore, che più o meno si adatta al carattere dell'opera od è più o meno in accordo coi colori dei materiali della stessa opera. [...] Le rocce policrome posseggono nel più alto grado l'attitudine ornamentale, sia per la vaghezza dei colori, che tanto più spiccano colla lucidatura».



3. - Classificazione petrografica

La classificazione petrografica è basata su un criterio genetico.

Magmatiche

Rocce originate da cristallizzazione di magmi:

granito, diorite, gabbro, sienite;

porfido, andesite, basalto, trachite.

Sedimentarie

Rocce originate da deposizione di sedimenti:

conglomerato, arenaria, argilla, tufo;

calcare, dolomia, travertino.

Metamorfiche

Rocce originate da aumenti di temperatura e pressione:

fillade, micascisto, quarzite, marmo, calcescisto, serpentinite, anfibolite, gneiss, granulite.

Graniti

Rocce resistenti di natura silicatica, lucidabili:

granito, diorite, gabbro, sienite;

porfido, andesite; gneiss, granulite.

Pietre

Rocce compatte o porose, non lucidabili:

basalto, trachite;

conglomerato, arenaria, argilla, tufo, calcare tenero, dolomia;

fillade, micascisto, quarzite, serpentinite, anfibolite.

Marmi

Rocce compatte di natura carbonatica, lucidabili:

marmo, calcescisto;

calcare compatto.

Travertini

Rocce ricche di cavità, compatte, lucidabili: travertino.

Una parola in più sulle rocce sedimentarie:

Sono dette sedimentarie quelle rocce che derivano dal deposito di materiali di varia origine, derivanti da erosione di rocce preesistenti.

Tali prodotti, in parte sciolti dalle acque, e in parte trasportati dalla forza, si depositano nelle conche di sedimentazione in forma di strati. La loro composizione mineralogica deriva dalle rocce di provenienza e dai loro prodotti di alterazione: silicati, quarzi, caolino, clorite, calcite, dolomite ecc..

In gran parte dei casi il colore dei sedimenti è dato dalla granulometria, dal grado di ossidazione del ferro e dalla presenza di sostanze carbonatate. Per questi motivi, i cristalli della roccia sedimentaria possono avere forma, grandezza e composizione molto diverse. Secondo la genesi, i sedimenti si distinguono in: *residuali*, *detritici*, *chimici* e *organogeni*.

Sedimenti residuali

Sono i prodotti dell'alterazione delle rocce da parte degli agenti atmosferici.

Esempi sono le *lateriti* e le *bauxiti* che ricoprono grandi estensioni delle regioni tropicali e subtropicali con una coltre di roccia rossiccia, composta di una miscela di ossidi di ferro idrati e idrossidi di alluminio.

All'origine del fenomeno sta una profonda alterazione della roccia originaria.

Sedimenti detritici

Derivano dall'erosione, disgregazione e trasporto di rocce e possono essere *coerenti* (ghiaia e sabbia) e *incoerenti* (arenarie).

Nei conglomerati e nelle arenarie i ciottoli e le sabbie dell'antica sedimentazione sono uniti da un cemento di calcare, silice, argilla e ferro.

Sedimenti chimici

Appartengono a questa categoria le molasse, arenarie con cemento calcareo; le *quarziti*, arenarie a grani di quarzo uniti a silice; le *argille*, sedimenti finissimi, prodotti dall'alterazione dei silicati di alluminio; le *ardesie*, rocce argillose solidificate a struttura scistosa per effetto della pressione subita.

Sedimenti organogeni

Sono quelle rocce sedimentarie più diffuse e utilizzate dall'uomo, la loro origine può essere detritica, da precipitazione chimica ma più spesso, derivano dalla combinazione di cause diverse. Componente essenziale è il carbonato calcico.



4. - L'arenaria locale: un esempio specifico

L'arenaria della Formazione Macigno (Oligocene superiore - Miocene inferiore) è una roccia sedimentaria che in Lunigiana, una vallata appenninica della Toscana nord occidentale, si presenta in una successione di strati a granulometria variabile, generalmente da grossa (1-1/2 mm) a media (1/2-1/4 mm) a fine (1/4-1/16 mm), anche se quest'ultima è meno frequente. Appare massiva o laminata, in alcuni punti con strutture convolute ed amalgamazione degli strati la cui potenza varia da zona a zona e può raggiungere in alcuni casi diversi metri di spessore (4-5 m nella cava Pontia di Pognana Fivizzano, MS). L'arenaria quando è 'fresca' mostra una colorazione grigio-azzurra o grigio-acciaio che può passare a grigio-giallastra a seguito di fenomeni di alterazione abbastanza frequenti in tutto il territorio; la tessitura è clastica con abbondanti cristalli di quarzo, feldspati, frustoli carboniosi nerastri, schegge pelitiche e lamelle argenteo di muscovite.

Nel settore settentrionale della Lunigiana affiora anche l'arenaria dell'Unità Gottero (Cretaceo superiore - Paleocene) caratterizzata da potenti banchi massivi a granulometria media-grossolana alternati a strati a grana fine; questo materiale è ben riconoscibile anche ad un esame mesoscopico, per la colorazione rosa dei cristalli di k-feldspato. Facilmente reperibile negli affioramenti rocciosi sparsi nel territorio, l'arenaria è stata impiegata nel corso dei secoli sia come materiale da costruzione che per la creazione di elementi ornamentali e oggetti d'uso.

A Pontremoli e a Fivizzano, i principali poli estrattivi dove si è maggiormente sviluppata anche l'opera degli scalpellini, come in molti borghi più periferici, maestranze specializzate nella lavorazione della pietra hanno lasciato evidenti attestazioni nelle diffuse opere architettoniche, imponenti portali, architravi scolpiti ed elaborate incorniciature di finestre.

La bellezza del materiale lo ha reso idoneo anche alla realizzazione dell'arredo sacro, come testimoniano fonti battesimali, altari, tabernacoli, riccamente ornati con decorazioni non dissimili da quelle scolpite nel marmo.

Per la sua durezza e resistenza, l'arenaria è stata utilizzata anche per la costruzione delle macine nei numerosi mulini e frantoi sparsi lungo i corsi d'acqua lunigianesi e di molteplici oggetti d'uso quotidiano quali le *prede*, i diffusi contenitori per l'olio o per l'acqua.

La possibilità di reperire facilmente materiale in lastre ne ha favorito l'impiego per la copertura dei tetti; le *piagne*, sapientemente disposte in una ben stratificata tessitura, costituivano fino al Novecento il manto di copertura sia delle abitazioni rurali che dei palazzi cittadini. Questa pietra era presente ovunque, dalle case alle strade, senza soluzione di continuità.



5. - *Le piagne della Lunigiana*

Come in molte aree montane del nostro Paese, anche in Lunigiana, il comprensorio appenninico più occidentale della Toscana, le coperture tradizionali degli edifici erano in pietra. L'impiego di embrici e tegole, diffusi capillarmente nel corso del Novecento, ha fatto giungere fino a noi soltanto un numero limitato di questi tetti dei quali troviamo tuttavia testimonianze antiche.

Già negli Statuti medievali erano presenti disposizioni affinché si costruissero le coperture con lastre di pietra, in modo da ovviare al ricorrente pericolo degli incendi causato dall'impiego di paglia o legno.

Tali lastre in Lunigiana sono ricavabili dalla Pietra Arenaria, un materiale lapideo ampiamente affiorante nel territorio ed appartenente in massima parte - come s'è già detto - alla Formazione Macigno di età Oligocene superiore - Miocene inferiore. Sulla base dell'esame petrografico e chimico-normativo si possono definire come arenarie terrigene feldspatico litiche o arcose litiche.



§ 1. - *Le origini: storia di calce e di forni*



ORIGINE della manifattura della calce è cosa incerta. Quando questa pratica, scaturita dalla casualità della scoperta, abbia avuto inizio, non lo si può stabilire, né si può stabilire quando i preistorici ebbero coscienza dei fenomeni che si accompagnano alla produzione della calce.

I primi villaggi appaiono in epoca natufiana (Palestina e dintorni), epoca che apre le porte al neolitico vero e proprio, circa 14-15 mila anni fa. Di quella cultura sono stati trovati, a Mallaha, dei resti di una conserva per granaglie con le pareti rivestite di calce; nello stesso sito è stata ritrovata un'abitazione con una parete tonacata con calce e dipinta di ocre rosse.

In un giacimento dell'alta Mesopotamia, sul lato orientale del Tauro, presso un affluente di destra del Tigri, in un sito di età neolitica preceramica, chiamato Çayönü (pronuncia: Ciaionù), - la data del quale risale a circa 7250 anni a.C. -, al quarto livello è stato rinvenuto uno straordinario pavimento a terrazzo, con tasselli lapidei distribuiti a mosaico. In quel luogo si calcola che sia stata usata una quantità di calce pari a non meno di una tonnellata.

In un altro sito, Nevalı Çori, ancora in Anatolia, si ritrova un simile pavimento a terrazzo, in calce ed aggregati lapidei, ancora lucente, il quale gareggia in bellezza con gli intonaci dipinti in ocre di Çatal Hüyük (Catal Uük), datati 6250 anni a.C.

Che questi nostri predecessori preistorici, un bel dì, a modo loro, avessero acquisito coscienza dei processi di decarbonatazione, idratazione e ricarbonatazione per assimilazione di anidride carbonica, è innegabile.

Gli storici dell'antichità sono oggi dell'opinione che la conoscenza di questa pratica doveva essere già largamente diffusa ed uniformata almeno quando vennero costruiti i primi forni verticali da calce. In base alle nostre conoscenze archeologiche questi forni furono realizzati circa 2000 anni prima della venuta di Cristo, in Mesopotamia, il paese civilizzato più antico dell'umanità, tra il Tigri e l'Eufrate, in prossimità della città di Ur.

Si ritiene comunque che quasi tutti i popoli civili, come gli Egiziani, i Cinesi, i Maya oltre ai Fenici, ai Greci ed ai Romani, abbiano conosciuto la tecnica della cottura della calce ed il suo impiego.

Dalla Mesopotamia la conoscenza della fabbricazione della calce si diffuse rapidamente nel Vicino Oriente. Nella costruzione di Troia e di Micene si impiegò una malta di calce. Nell'Antico Testamento già si descrivono i tinteggi degli edifici con scialbi di calce.

Col passar dei secoli, probabilmente per effetto dell'intensa attività di scambi commerciali, tale conoscenza arrivò ai Greci, che la trasmisero poi ai Romani, i quali ne perfezionarono la tecnica di fabbricazione e d'impiego.

Molto similmente all'uso che ne facciamo oggi in edilizia, la calce venne impiegata nell'antichità, prevalentemente per le malte da costruzione e da intonaco; inoltre venne diffusamente impiegata per i tinteggi delle pareti e la formazione dei pavimenti. La grande perfezione nel costruire, raggiunta in quei periodi, è testimoniata dalle possenti ed arditissime costruzioni romane, che ancor oggi possiamo ammirare in tutta Europa.

All'epoca dei Romani, la professione del fornaciaio da calce era molto considerata: lo testimonia la designazione di 'Magister Calcariarum' ritrovata su diverse steli votive portate alla luce durante scavi archeologici. Soprattutto Marco Pollio Vitruvio narra, con dovizia di particolari, di questa primitiva arte, nell'unica opera organica pervenuta a noi. Egli si sofferma in particolare sull'*opus caementicium*, una miscela di calce viva, pozzolana, coccio pesto e sabbia.

I popoli europei appresero dai Romani la tecnica della cottura della calce: tale conoscenza risulterebbe limitata in un primo tempo alle regioni occupate dai Romani, ma sicuramente si estese poi verso oriente. A tal riguardo è sorprendente la recente scoperta, su un'isola della Sprea (Berlino), dei resti di un forno da calce, che dev'esser stato utilizzato dai Germani o dai Veneti.

Benché le costruzioni degli Incas in Perù fossero state erette in gran parte senza malta, è invece sicuro che i Toltechi avessero lavorato, a partire dal settimo secolo dell'era moderna, nel Messico, con malta di calce; così come si fece per la costruzione delle piramidi di Shensi nel Tibet e per l'innalzamento della Grande Muraglia Cinese. Solo ultimamente si è scoperto che la tenacia delle malte che legano i mattoni della appena citata Muraglia è dovuta al diffuso uso dell'amido di riso come temperante del legante applicato.

La calce non servì nel passato esclusivamente alla preparazione delle malte da costruzione: gli Egiziani, come i Cretesi, i Micenei, gli Etruschi, i Maya ed altri civilissimi popoli, - che per brevità non cito -, conobbero la calce come colorante. I Greci e i Romani svilupparono questa tecnica dell'impiego della calce sino a spingersi ad esiti estetici di nobilissima raffinatezza.

La calce trovò impiego nella decorazione di pregiati vasellami, vasi ed oggetti ornamentali e soprattutto dipinti murali che son stati, da sempre, il vanto della cultura e dell'Arte dell'uso della calce.

La calce viva venne anche impiegata come farmaco in virtù della sua azione cauterizzante. I Moche peruviani, popolazione Inca, d'origine ancora ignota, usavano mescolare alla foglia di coca un pizzico di calce al fine di far sprigionare gli alcaloidi dalla droga, durante i loro riti divinatori. Plinio il Vecchio ne riconosce le virtù medicamentose e fertilizzanti; gli Egiziani la impiegarono per la concia delle pelli; e l'acqua di calce venne usata in tintoria; i Romani, mescolata con sostanze organiche come l'olio, il grasso, l'albume, impiegarono la calce come colla. È sorprendente che gli Assiri citassero la calce nelle loro ricette per la preparazione del vetro: questa possibilità d'impiego fu riscoperta solo alla fine del Medioevo.

Le conoscenze degli antichi popoli civili furono in gran parte dimenticate nel periodo buio del Medioevo. Basti citare che fosse accettata l'opinione che la calce viva risultasse costituita dal calcare d'origine e dal fuoco assorbito durante la sua cottura, e tale opinione, seppur errata, ebbe per effetto di vederla, con successo, utilizzata per fabbricare ordigni incendiari con scopi offensivi, con l'intento di ustionare i nemici in battaglia. I Cinesi, al pari, sfruttarono per gli stessi infausti scopi, il calore che si sviluppa dalla trasformazione dall'ossido di calcio in idrato all'atto dello spegnimento.

Nei primi del Cinquecento, il tedesco George Bauer, detto 'l'Agricola', per primo illustrò dettagliatamente l'impiego della calce in siderurgia.

Dei primi usi della calce resta ancora memoria del suo antico impiego per la costruzione delle cisterne in Gerusalemme, erette sotto il governo di Salomone nel X secolo a.C..

Leggendo i classici del periodo repubblicano ben si comprende come l'opera di cottura ed il successivo spegnimento della calce, fossero un'operazione ben conosciuta dagli antichi romani, che fissarono inoltre delle regole per quelle manipolazioni. In 'De Re Rustica', Catone il Censore, a proposito della produzione della calce e delle malte, insegna che i migliori risultati si ottengono calcinando calcari di colore più bianco; ugualmente si esprime Vitruvio, il quale oltre a lodarne il colore - e quindi la purezza del calcare -, suggerisce che le calci da usarsi per murare sarebbe opportuno che fossero ottenute calcinando calcari compatti, mentre, per le calci da intonaco, egli trova più indicati i calcari porosi.

Nelle varie trattazioni si fa solo menzione della calce aerea che richiede, prima dell'uso, l'operazione di spegnimento in acqua ed una prolungata stagionatura nelle fosse. A tal proposito, secondo quanto ci tramanda Plinio, vi era l'obbligo di usare soltanto la calce che avesse avuto una permanenza nelle fosse di almeno tre anni: «Intrita quoque ea quo vetustior, eo melior. In antiquorum aedium legibus invenitur, ne recentiore trima uteretur redemptor; ideo nullae tectoria eorum rimae foedavere» (Plinio, XXXVI, LV, 176).

Per quanto riguarda l'impiego di malte resistenti all'acqua, preparate cioè con leganti idraulici, se ne trova il primo cenno a proposito delle già citate cisterne in Gerusalemme.

La parte inferiore, a contatto con l'acqua, fu ricoperta con un intonaco impermeabile, costituito da una miscela di calce, polvere di mattone e materiale organico, miscela il cui uso si suppone sia stato insegnato dagli operai fenici adibiti a quella costruzione; sembra quindi che i fenici già conoscessero empiricamente le proprietà idrauliche dell'argilla cotta posta in mistione con la calce, il cui impiego si è trasmesso sino ai giorni nostri con quei prodotti che si ottengono, appunto, mediante la torrefazione dell'argilla e che noi annoveriamo fra le 'pozzolane artificiali'.

Parallelamente all'uso del cocciopesto, si cominciarono ad impiegare materiali naturali dalle spiccate caratteristiche di idraulicità, quali la terra di Santorino, nell'arcipelago delle Cicladi, e la pozzolana italiana sia dei dintorni di Napoli (Pozzuoli, da cui il suo nome), sia quella della zona laziale.

È naturale che questi materiali si incominciassero ad usare come semplici sabbie da costruzione, e che soltanto dall'uso se ne poté constatare le proprietà idrauliche. È dubbio se gli antichi abbiano ottenuto ed utilizzato calci idrauliche derivate dalla cottura di calcari marnosi, almeno non coscientemente. Nella letteratura latina manca un esplicito ed illuminante riferimento a questa qualità di calce: anzi, nelle prescrizioni per le calci da costruire, vengono sempre scartati i calcari argillosi; ciò non esclude però che senza averne piena coscienza, si sia usata calce idraulica, ritenendola un tipo di calce aerea di qualità più scadente di quelle calci aeree che erano ottenute da calcari più puri, ossia più bianchi.

Dalla caduta dell'impero romano fino al XVIII secolo, ben pochi sono stati i progressi della tecnica costruttiva. Continuò l'uso del gesso e della calce aerea, seguendo le stesse prescrizioni tramandate dai romani (vedi Vitruvio, Alberti ed altri) e continuò l'uso delle malte pozzolaniche, sia costituite da calce e polvere di laterizi, sia da calce e pozzolana naturale, alle quali si devono aggiungere, oltre alle terre di Santorino, quei tipici tufi tedeschi della zona renana, i cosiddetti *trass*, e la *gaize* francese.

Nel corso della storia moderna, attorno ai primissimi anni dell'Ottocento, le conoscenze sui componenti intimi della calce, si svilupparono velocemente e si approfondirono. Ci fu chi disse cose egregie e chi inciampò in errori ed opinioni contrastanti (sarà sufficiente ricordare l'accesa disputa sulla natura del 'flogisto'), ma entro il primo ventennio di quasi due secoli fa, grazie a curiosi e caparbi ricercatori, il segreto racchiuso in quest'antichissimo materiale, fu svelato a tutti.

In un'era di grande euforia, alimentata dall'incontenibile voglia di scoprire il 'segreto' delle malte romane, fu fatta chiarezza sul significato di calce viva, calce spenta, decarbonatazione e ricarbonatazione, presa e indurimento, presa aerea e presa idraulica.

Soprattutto si trovarono quegli elementi che permisero a quei curiosi ricercatori di cogliere i millenari segreti dei leganti del passato e riproporli in un ‘nuovissimo e rivoluzionario materiale’: il cemento.

Le più alte temperature raggiungibili, i nuovi forni ed i nuovi combustibili, aprirono la strada ad una nuova cultura. Con il brevetto 5022, del 1824, che presenta al mondo del costruire il nuovissimo legante Portland, inizia a scomparire la figura del *Magister Calcariarum*.

2. - Alla ricerca del mistero delle malte romane: ovvero l'invenzione del Cemento Portland

Forse tutto cominciò con lo stravagante Signor William Champion, uno dei più importanti produttori di bronzo, rame e zinco. Lo Champion, nel 1750, costruì per sé un'enorme edificio di fronte al quale, in mezzo ad un lago, eresse una ciclopica statua di Nettuno, completa di corona e tridente, presumibilmente composta con un calcestruzzo di calce e scorie di rame.

Nel 1768 l'eclettico ‘scultore’ fallì, e della sua creatività non lasciò altra traccia; ma a Warmley, vicino a Bristol, il suo Nettuno ancor oggi accampa in tutta la sua mole.

Nel 1756, a John Smeaton, un ingegnere di Leeds, fu commissionata la costruzione del terzo faro sulla rocca di Eddystone, situata sulla Manica a quattordici miglia a sud-ovest di Plymouth.

Poiché i due precedenti fari, costruiti in legno, erano stati inceneriti da un incendio e spazzati in mare da un furioso fortunale, lo Smeaton progettò di costruire la nuova struttura usando conci di pietra. Subito si presentò il problema, però, su come serrare assieme i singoli elementi litici in modo da formare una struttura solida e monolitica.

I cementi reperibili nel 1756 erano deboli e a presa troppo lenta; e, poiché i blocchi sarebbero stati costantemente a contatto col mare, il cemento si sarebbe inevitabilmente dilavato prima di indurire.

Lo Smeaton decise di indagare sulle proprietà delle malte provando differenti prodotti reperibili su tutto il territorio sull'Isola. Il suo interesse fu attratto da un composto di calce di Aberthaw (blue lias) del Sud del Galles e pozzolana fatta arrivare dalla romana Civitavecchia.

Quando i due elementi furono rimestati assieme, sembrò che la malta avesse particolari proprietà di presa anche sott'acqua. Probabilmente lo Smeaton sperimentò qualcosa di simile ad un *Opus Caementitium* romano.

La ricerca sulle malte, da parte dell'ingegnere, elaborata nel secchiajo di cucina, fu talmente varia e serrata, che vent'anni più tardi volle sperimentare particolari innovazioni ricostruendo il medesimo faro dopo che questo aveva dato chiari segni d'indebolimento.

Durante i suoi studi lo Smeaton deve aver sicuramente tenuto conto d'una teoria divulgata a quei tempi da un eclettico ricercatore francese, un certo M. Lorient. Nel 1770, il Lorient, pose quest'intrigante quesito: «Come si spiega che i romani abbiano costruito l'acquedotto, conosciuto col nome Pont du Gard, nelle prossimità di Nîmes, senza far uso di pozzolana? Se hanno usato esclusivamente calce grassa, come è possibile che abbiano messo in uso l'acquedotto senza veder la calce dilatarsi?». Eppure l'incredibile opera è arrivata fino a noi in tutta la sua possanza.

Il celeberrimo Lorient, era convinto che i romani tenessero in serbo un segreto sul metodo di preparazione delle malte 'acquatiche', e che non lo volessero divulgare.

Così, nelle *Mémoire sur une découverte dans l'art de bâtir, faite par le Sr. Lorient, Mécanicien, Pensionnaire du Roi*, à Paris, 1774, si impara sulla scoperta del geniale Lorient. «Il signor Lorient, dopo aver esaminato quasi tutto ciò che i Romani hanno lasciato in Francia, si è intimamente convinto che essi non impiegavano materiali diversi da quelli di cui noi ci serviamo; che la calce, la sabbia, il cocciopesto, ed altre materie di questa specie, ottenevano da soli la perfezione di questi composti, ma che essi avevano un altro metodo rispetto al nostro nella manipolazione e la preparazione».

Dopo una lunga discussione su i passi di Plinio e di Vitruvio riguardanti il grassello, e constatato che in Francia non era stata usata la pozzolana, il signor Lorient ha fatto una serie di esperimenti che lo hanno portato, nell'estate del 1770, ad un'importante scoperta: «I romani, in mancanza di pozzolana, aggiungevano alle zolle di calce, bagnate nelle fosse, una precisa quantità di calce viva in polvere, la quale conferiva al grassello inspiegabili caratteristiche d'idraulicità». La presa della calce, così preparata, sembrava più *acquatica* che *aerea*.

Benché molti a quel tempo dettero credito al metodo di Lorient, questa pratica fu abbandonata e si tornò a meditare sul binomio calce-pozzolana. Ma ormai il Lorient aveva lasciato il segno.

Lo Smeaton volle trasmettere la propria esperienza scrivendo un libro intitolato 'A narrative of the Eddystone Lighthouse', il manoscritto del quale fu acquistato casualmente, in un mercatino, da un muratore di Leeds: un certo Joseph Aspdin.

Lo scritto deve aver impressionato l'Aspdin non poco; egli, infatti, iniziando dalle conclusioni a cui lo Smeaton era arrivato, mosse ulteriori incerti passi verso la scoperta di un *nuovo cemento*.

Verso la fine del 700 ci fu una vera e propria corsa mirata a scoprire il mistero delle malte romane. Chiunque fosse coinvolto nella progettazione o nella costruzione di nuovi edifici, si impegnò strenuamente per chiarire come mai alcune calci lasciate a macerare nelle fosse vi si mantenevano quasi in eterno sotto forma di grassello, mentre altre, poste nello stesso ambiente, dopo breve tempo, pur mantenute sott'acqua, serravano in una inspiegabile presa.

Fu il Reverendo James Parker, durante una passeggiata, ad essere attratto da particolari pietre che giacevano qua e là sulla spiaggia dell'Isola di Sheppey. Egli raccolse alcune di quelle pietre e senza nessuna particolare intenzione, le portò a casa e le calcinò in un piccolo forno. Egli, involontariamente forse, sperimentò e sviluppò un nuovissimo legante, che brevettò nel 1796 con il nome di 'Cemento romano'. Parker chiamò 'romano' il suo legante convinto che questo fosse realmente la risposta alle ricerche sul mistero delle malte latine. Benché il nuovo legante fosse additivato con discrete quantità di gesso, per migliorarne la presa, e polvere di mattone per far apparire il colore della malta di un rosso cupo, che ricordava in qualche modo il bruno delle malte pozzolaniche romane, la soluzione era ben lontana da ciò che sarebbe accaduto più avanti.

Il lavoro del Parker ed i risultati di Edgar Dobbs, che già vantava un brevetto, depositato nel 1811, ispirarono ad Aspdin la via per la produzione del primissimo cemento Portland.

Non c'è da stupirsi che appena il brevetto Dobbs, che era composto di calce, argilla e polvere di strada, arrivò alla scadenza, Aspdin si presentasse il 21 ottobre 1824, negli uffici deputati, per un brevetto tutto nuovo su un 'legante di primissima qualità color della pietra di Portland'.

Il cemento Portland fu così chiamato incidentalmente in quanto i manufatti composti con questa materia, una volta essiccati, assumono il peculiare color bigio-perla tipico della pietra di Portland e non, come spesso la gente crede, perché il cemento fu inventato a Portland o perché fu ideato da un improbabile ingegner Portland.

A leggere il brevetto 5022 del 1824, rilasciato in nome di Sua Maestà Giorgio IV, su ornatissime carte, si comprende come Aspdin non avesse del tutto intuito quali potessero essere le potenzialità della sua proposta: sembra piuttosto che egli proponesse il suo legante come un ottimo elemento per confezionare intonaci per coprire strutture in mattoni in modo da farli sembrare blocchi monolitici di pietra di Portland.

Fu il maggiore ingegnere civile dell'epoca, Brunel, a introdurre il legante di Aspdin sul mercato: egli, infatti, nei capitolati per la costruzione del Tunnel sotto il Tamigi, preferì il Portland al più comune 'cemento romano' del Parker, nonostante quest'ultimo legante costasse la metà del primo.

Evidentemente la ‘migliore qualità’ lo convinse sino a fargli operare una scelta definitiva. Come in tutte le cose il caso gioca sempre un ruolo determinante: nel 1847, il figlio di Joseph Aspdin, William, si mosse verso Northfleet dove costruì un nuovo forno, per la produzione di Portland, che ancor oggi sopravvive.



Il forno di J. Aspdin

Un giorno, nel 1848, come sempre accadeva, l'intero carico di cemento, fu sfornato dalla nuova fornace e fu imbarcato su di una chiatta, in botti di legno, per raggiungere il delta del Tamigi, quando, in prossimità di Sheerness - sull'isola di Sheppey - accidentalmente fu travolta da una bufera di vento, incagliandosi a riva. Gli abitanti del luogo, credendo che le botti contenessero whisky, si affrettarono a recuperarle dalla stiva in cui giacevano coperte d'acqua. Portate le botti in secco e apertole, con sorpresa, s'accorsero di essere in presenza di cemento che aveva fatto immediata presa. Sfasciate le doghe delle botti, i locali recuperarono gli inusuali concii di Portland e con questi costruirono le mura di un pubblico edificio, che ancor oggi si può ammirare. Nel 1860 William Aspdin si trasferì in Germania per costruire una nova fornace e lì vi morì quattro anni più tardi.

Partendo dalle esperienze, fino a quel momento acquisite, il processo di produzione del Portland fu modificato e perfezionato da Isaac Johnson, il quale aveva rilevato, nel 1856, un forno abbandonato da Aspdin figlio. Il Johnson introdusse nel processo di produzione un nuovo determinante elemento: l'*alta temperatura di cottura*. Grazie a questa innovazione molti sono convinti che il vero padre del cemento Portland sia stato proprio il Johnson.

Nonostante agli inizi del Novecento il cemento fosse ancora materia di studi e perfezionamenti da parte di I.C.Johnson, i risultati erano tali, che il vecchio studioso, alla veneranda età di 101 anni, nei suoi appunti, con una malcelata punta d'orgoglio, affermava che il cemento di Aspdin, a confronto del suo, «sembrava tenero formaggio».

In conclusione, come si può vedere, l'invenzione e l'uso del moderno cemento è cosa dei nostri giorni: infatti, il primo vero cemento viene prodotto da Johnson nel 1844 in Inghilterra, ma rapidamente le industrie cementiere si diffondono in tutto il mondo, grazie anche all'invenzione del forno rotante, proprio nello stesso anno.

La prima fabbrica italiana compare a Palazzolo sull'Oglio nel 1870, circa all'epoca in cui si scopre la possibilità di migliorare le prestazioni del legante con le scorie d'altoforno granulate; nel 1905 viene prodotto il cemento ferrico, detto 'Ferrari'; più o meno nello stesso periodo viene prodotto il primo cemento bianco; nel 1908 viene proposto il cemento pozzolanico e nel 1912 appare il primo cemento alluminoso.

Col correr degli anni, sino ai nostri giorni, si sono viste fiorire industrie che hanno prodotto ogni sorta di cemento o legante idraulico artificiale, che con la loro rapida diffusione, ed improprio uso, hanno ridotto la millenaria cultura della Calce, e la tradizione che ad essa s'accompagna, ad un ameno argomento di disquisizione per pochi esperti ed una velata memoria museale per tutti coloro che sono chiamati al suo uso nel mondo del restauro. Che peccato!

3. - *Il forno di Catone*

Apprendiamo dallo Scamozzi quali fossero le misure delle calchère tradizionali ed i modi per calcinare le pietre. Si noti che anch'egli attinge dalle antiche indicazioni che gli vengono da Catone (III sec a.C.).

Vincenzo Scamozzi, *L'idea dell'architettura universale*, di Vincenzo Scamozzi architetto veneto, Venezia, 1615 - Tomo II, Lib. VII, Capo XVIII.

De' tempi, e modi per cuocer bene le calcine di varie sorti.

«PERCHE è molto util cosa, e di grandissimo risparmio alle fabbriche, & a' Padroni il far calcine à proprie spese; però havendo detto delle qualità delle pietre seguiremo di mano in mano altre cose necessarie. Le Calcare, che propriamente così si chiamano dalla voce del Calcolo di che si fa la calcina, si deono collocare al piede di qualche colle, ò altro luogo rilevato, ò essendo al piano si terrapieni molto bene intorno via, & habbino il piano pendente all'infuori, acciò l'Aria vi entri salendo. Siano di forma rotonda di 10. in 12. piedi di Diametro, e tanto siano in altezza; tirate à piombo, ò alquanto più ristrette al disopra: acciò il foco facci maggior effetto».

«LA BOCCA sia volta a mezodì come aspetto migliore, la sua altezza sia alle spalle d'un uomo commune, e larga non più di 3. piedi, & ne sguanzi all'infuori 5. per il maneggiar delle pietre, e sia cinta all'intorno di mura di quadrelli crudi, ò di pietre, che sprezzino il foco: grossa un piedi; mà alla bocca alquanto più; acciò non sia consumata dal foco, ò rovinata dal maneggio delle pietre. Le calcare di 10. piedi capirano 600. in 700. mogetti di calcina alla quale anderà 600. overo 700. passa di legna commune di noce, & à quelle di 12. piedi quasi altrettanto, & ogni mogetto ritiene due staia Vicentine, ò Padovane, de' quali ne và 12. al carro, che è poco più d'una bena, ò 18. al carretto».

«LE FORNACI per servirsene lungo tempo si fanno quadrate, ò alquanto più lunghe con due, e tre, e più bocche in faccia; mà divise di dentrovia, e deono esser murate di quadrelli crudi, e messi con malta di terreno cretoso, come si disse nelle passate ad uso de' lavori di pietre cotte: dimodo che una fornace lunga .. piedi, e larga all'indentro .. piedi, & alta dal piano in sù piedi .. renderà 150. & anco 200. carra di calcina. Le calcine ordinariamente si fanno il mese di Marzo, & Aprile, essendo che allhora s'incomincia gagliardamente à fabricare, e gli huomini, & i bestiami sono liberi da gli affari de le campagne per condurle quà, e là; si come altre se ne fanno dopò le vendemmie».

«NELLE fornaci, ò calcare s'incomincia cò ordine à metter prima le pietre più grosse sopra una banchetta di muraglia alta un piede; e larga quasi quattro: perche da là in giù sia luogo dalle ceneri, e spacio per la legna, e potersi maneggiare i calcaroli con le stanghe à far il foco: e così si vadi alciando fino alle spalle dell'huomo, e poi sopra alle bocche, e tutto oltre si faccino le volte à Piramide alte nel mezzo 7. piedi, e di mano in mano riempiendo di pietre mezzane; mà però non tanto serrate, che il foco non possi entrare, e salire ad alto, & alla fine si mettino di sopravvia le minute ammontate nel mezzo: perche à questo modo si coceranno egualmente. Mà la Scaglia Padovana, perche si mette à giacere del piano in sù, si fanno d'essa pilastri con spacij vuoti d'un piede, e più per quadro, trà l'uno, e l'altro; perche essendo come eguale nò rimangono spacij tra esse, come a' cementi di monte, & altre pietre irregolari di torrente; e possando poi scaglioni da l'uno all'altro pilastrello, fermandole in piedi si faccino le volte tutto oltre, sopra alle quali si mettono altre scaglie pur in piano, in altezza di 6. in 8. piedi».

«AD OGNI Calcara fa bisogno almeno due persone, che vicindevolmente attendino al foco, il quale si dà prima in bocca di legne sottili, e secche: e poi all'indentro di legne mezzane, che facciano buona fiamma; perche le molto forti, e grosse abbrucciano la calce, e anco bisogno di tratto in tratto sollevar le legne; acciò vi entri Aria sotto, come à reverbero alle fornaci da metalli: essendochè a questo modo ardono più facilmente, e si coce con manco legna, e di tratto in tratto con i rastelli di ferro si tirino le braccia alla bocca, acciò diano luogo alle fiamme, e si risolvino in cenere».

«À PRINCIPIO il foco fà il fumo denso, & oscuro, e perciò le pietre vengono nere da esso, e dal caligine, e poi s'infocano come braccia, & à poco à poco il fumo si và schiaràdo, che è segno, che sia levato l'humidità, e le pietre per ordinario si cuoceno in 4. e al più in 5. giorni, e notti continove di foco, il quale sta 3. e anco 4. giorni a comparire nel disopra alla calcara, & allhora si stende paglia bagnata, overo fieno azimo, e con pasta di terren cretoso grossa almen un dito s'inluta bene di sopravvia, & assai più dove esce molto il foco; perche così egli si manda altrove. Questa incrostatura ad un tratto si coce, e si sfende quà, e là, per dove il foco guidato dall'Aria esce à misura, & à questo modo le pietre si compongono meglio la dentro».

«LE PIETRE da calcina si cuoceno più presto, e più tardi: secondo la forma della fornace, e la forza del foco, e la quantità, e la qualità delle pietre, e l'ordine nel quale elle sono state poste la dentro: onde essendo le cose in mediocrità in 60. hore si cuoceno i cementi, ò pietre di monte per esser più tenere, e dolci, e porose dell'altre; mà le pietre dure, e vive, e quelle di scaglia Padovana, e quelle di torrenti non vogliono meno di 100. hore di foco continovo, & anco alle volte più, e de l'una, e dell'altra sorte ne habbiamo fatto far prova, e vedutone l'effetto più volte, contra l'opinione di molti».

«I SEGNI, che le pietre nella fornace siano cotte, e divenute calce sono principalmente questi, che il foco russa, perche non hà materia da consumare, e divenghi di color azzurro vicino alle pietre, e non faccia fumo; mà eschi il calor chiaro come l'Aria, e tutta la massa delle pietre cala alquanto à basso; perche le pietre divengono minori, & assai più leggieri, e di peso, i due terzi, (come dice anco Vitruvio) - Lib.2,cap.5 - ovvero tre quinti di prima, e si sentono d'un suono più dolce, e grato, & hanno perso del tutto l'odore, e color della pietra, & acquistato quello della calce, e più bianchezza».

«À BASSO della fornace le pietre sono quasi sempre troppo cotte, e nel disopra restano alquanto acerbe, onde quelle perdono del loro nervo, e nel esser bagnate non crescono molto, e queste stanno molto più a sgallarsi, & à bagnarsi bene; mà fanno poi la calcina più tenera, e forte alla presa delle mura: laonde le pietre di mezo saranno le migliori per intonacare. Le pietre più dure, e forti, e massime le grandi nel tempo del Verno, si mantengono più intere qualche tempo, perche il caldo ha luogo, e materia da conservarsi, il contrario avviene alle pietre cementice, e tenere, e senza nervo, e molto picciole: perche il caldo svanisce, & esala: posciache ogno poco d'aria humida lo raffredda. Mà di Estate le pietre si rompono, e sgallano in quindecì giorni, e col spezzarsi crescono tanto, che se non si levassero gettarebbero facilmente all'infuori la calcarà».

L'odierno sistema, tecnicamente sviluppato, della preparazione della calce, altro non è che l'evoluzione naturale di una tecnologia consolidata attraverso millenni d'esperienza reiterata e mai modificata.

I forni a 'tino' descritti da Catone non differiscono affatto dalle calchère ritrovate nei boschi di tutta Europa. Più che la spiegazione sul funzionamento dei moderni impianti 'fissi' di produzione della calce, mi è sembrato utile, pertanto, spiegare brevemente, anche per una questione di ordine didattico, le diverse fasi del processo di calcinazione dei calcari mediante lo sfruttamento di un forno effimero a 'tino'.

Il tino, costruito in conci di pietra posti in malta, solitamente aveva 4 metri di diametro interiore e approssimativamente 3 o 3.5 mt di altezza, ed era costruito a ridosso di un grosso muro di pietra nella parte scavata del declivio di un terrapieno. Il muro costituiva la parete di fondo del forno. Il terrapieno fungeva anche da salita e accesso alla bocca superiore del tino, attraverso la quale veniva caricato il materiale destinato alla cotta.

La base del tino, rifinito e spianato in terra battuta, si trovava alla quota di un braccio circa al disotto della bocca da fuoco.

I raccoglitori di legna recidevano a colpi di roncola i rami secchi raccolti nel sottobosco e ne facevano dei fasci che lasciavano al sole, ripuliti ed ordinati. I rami degli alberi vivi non potevano essere toccati, pena pesanti ammende. In seguito, queste ‘fascinette’ erano riunite di quattro in quattro in ‘fascine’. La fascina era costituita dalla quantità di rami, legati con un sottile ramo di salice (*stroppa*); un volume di ramaglie che poteva essere trasportato sotto un braccio (*braz*). Un *braz* pesava mediamente 10 chili.

La fascina era, quindi, l’unità di misura che permetteva al tagliatore di contare e quindi di essere pagato per il suo lavoro. Il tagliatore poteva arrivare ad accatastare una ventina di fascine il giorno. Sulla fascina si collocavano delle grosse pietre per evitare che il vento le disperdesse, e a far in modo che i rami si seccassero e si facessero più compatti.

Poiché l’esperienza insegnava che la quantità in peso delle fascine equivaleva al peso dei calcari caricati nel forno (cotta) e considerato che mediamente il carico della cotta corrispondeva a 350 quintali di materiale crudo (il peso di una fascina corrispondeva a 10 chili), il numero di fascine da prepararsi non poteva essere inferiore a 3500. Una montagna di fascine: un bosco!

La quantità ovviamente dipendeva dalla capacità calorica delle essenze e dalle condizioni metereologiche nelle quali si sarebbe svolta l’operazione di cottura.

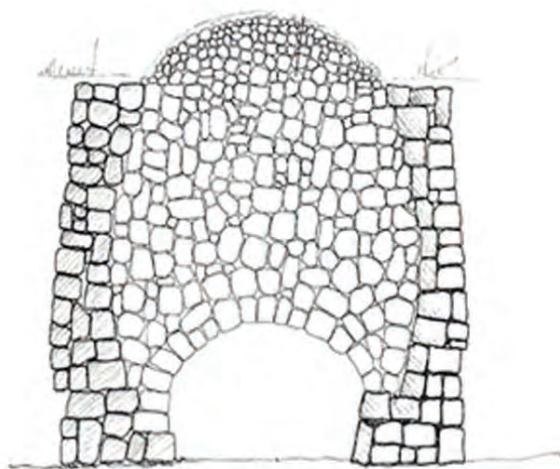
Qualche calcinaio pretendeva l’ammucchiamento di tre quarti delle fascine davanti al forno, prima di accendere il fuoco, al fine di poter far fronte ad un’inaspettata pioggia. Se questo avveniva, con legna e tavole si costruiva un tetto provvisorio per proteggere la legna da ardere.

Dopo l’accensione delle prime fascine, mediante poca paglia secca, altre fascine erano introdotte nel forno al ritmo di una ogni minuto; quando la cotta dava segno d’arroventarsi se ne introduceva una ogni tre minuti.

Il fuochista, con l’uso di *ganci* e *forche*, introduceva le fascine attraverso la bocca della fornace e, fra un’infornata e l’altra, aveva il tempo di avvicinare le ramaglie dalla catasta alla bocca del forno.

Il tempo di cottura variava mediamente dalle 60 alle 85 ore continue. Il massimo delle cotture nel medesimo forno strutturato con pietre calcareo - silicee era di 10 - 12 volte, giacché si consumavano 2 cm di parete del forno ogni cotta. Il forno, quindi, veniva anch'esso cotto e convenientemente venduto assieme al resto della calce viva.

La produzione di calce viva, per una fornace così descritta, era mediamente di 200 quintali allo scarico. Tali forni effimeri erano sfruttati, in luoghi fissi, finché le materie prime erano disponibili. Qualora i calcari, idonei alla cottura della calce, fossero stati fruibili in altri siti troppo lontani, o il bosco fosse stato totalmente ripulito, era logico doversi spostare e ricostruire il forno altrove. Ciò che oggi si ritrova nei boschi, imprigionati dalle radici degli alberi, sono le vestigia di forni quasi totalmente 'consumati' ed abbandonati. La **Calchèra San Giorgio** é uno di questi.



Il forno di Catone

Nella parte superiore della carica, la cotta si conclude con un mucchio di pietre refrattarie alla cottura, che servivano a proteggere la massa infuocata dall'eventuale pioggia.

Talvolta, all'altezza dello 'scalone', ovvero quel grosso gradino nella parte bassa del forno dal quale si iniziava ad innalzare il volto, erano aggiunti dei fori di accensione per forzare il tiraggio della fiamma.

Prima di caricare le pietre da calce sopra il volto, era necessario predisporre la porta d'accesso costruendo la bocca (o *porta* propriamente detta) nella parte inferiore, da dove si introduceva il combustibile durante la cottura. Il largo foro serviva per caricare le pietre dal basso, e, una volta completata la carica, esso veniva murato per contenere la massa di sassi all'interno del tino; la porta veniva seguentemente intonacata.

Sull'intonaco veniva incisa una croce: cosa comune in tutte le culture mediterranee.

A cottura ultimata ovvero quando le fiamme all'interno della cotta davano indizio di essere tutte blu e non avevano alcun alone rosso, alla cotta si toglieva l'aria ostruendo i camini di tiraggio e la bocca di carico, si dava principio all'opera di scarico.



Un forno effimero a 'tino'

Per scaricare il forno si seguiva il processo inverso alla carica: si cominciava dall'alto a riempire ceste di calcina viva e porgerle di sotto per pesarle. Usando l'ascia (zappa) quando fosse stato necessario staccare le pietre più resistenti.

Una volta raggiunta il vólto bisognava smontarlo ed affondarlo sulle braci coperte, ma ancora calde.

Si finiva di svuotare il forno smontando la porta introducendosi all'interno del prefurnio per scaricare ogni zolla sino al gradone di sostegno. A volte si collocavano assi sul fondo della fornace per non sprofondare nella cenere.

Ritirata tutta la calce non rimaneva che vuotar il forno dalla cenere, la quale veniva consegnata ai calcheroti (carrettieri, raccoglitori di fascine ed altri) qual parte del compenso per il lavoro fatto. Le ceneri erano usate come fertilizzante o come elemento sbiancante del bucato.

Con l'avvento della civiltà del cemento si sono viste, nel tempo, pesanti contaminazioni della tradizione. Insoliti tentativi di uso di combustibili, non del tutto tradizionali, introdotti al fine di ridurre la spesa per la produzione della calce. Ciò provocò non poco l'abbassamento del consumo di calce; quindi neanche raccogliere più fascine di legna fu redditizio. Come carburante si sono usati scarti di legna, pneumatici e immondizie d'ogni sorta.

Tutto ciò come conseguenza delle ridotte esigenze e richieste da parte della clientela. Ho persino sentito che qualcuno abbia usato come carburante una partita di pantofole di corda, uscite dalla linea di produzione di una fabbrica di calzature da spiaggia, che per errore furono prodotte tutte dello stesso numero, e per il solo piede sinistro.

4. - Generalità sulle calci

Col nome di materiali cementanti o più comunemente detti leganti, s'intendono quei materiali che servono a mantenere uniti ed aderenti i materiali da costruzione nelle strutture murarie in genere: in particolare, nella delicata opera di restauro del nostro Patrimonio edilizio, a risarcire malte di allettamento e a ripristinare o riproporre antichi intonaci ammalorati. Gli unici leganti naturali del passato sono stati: le calci dolci e le calci forti, ovvero le calci aeree e le calci dalle connaturate virtù idrauliche.

La proprietà generale di questi due materiali è di formare con l'acqua dei prodotti di impasto piuttosto fluidi, detti malte, che successivamente induriscono ed aderiscono tenacemente ai materiali da costruzione sui quali sono depositi, assumendo col tempo una resistenza notevole, in qualche caso paragonabile alla resistenza degli stessi materiali cementati.



Il 'coperchio' del forno

Questi fenomeni di accrescimento della resistenza delle malte nel tempo, vanno sotto il nome di *presa* ed *indurimento* dei leganti: *presa* è la prima fase, nella quale dalla fluidità della malta si passa ad un consistente rassodamento del manufatto per la perdita dell'acqua d'impasto; *indurimento* è la fase successiva, di aumento della resistenza meccanica del materiale stesso. Tali fenomeni sono accompagnati da reazioni chimiche, alle quali partecipano, oltre ai materiali leganti, la stessa acqua d'impasto e talvolta altri agenti, a seconda del tipo di legante impiegato.

In passato, la suddivisione dei materiali cementanti si sarebbe potuta fare secondo vari criteri: in base ad un criterio puramente chimico, ovvero in base ai loro costituenti, oppure secondo il loro metodo di preparazione, od infine secondo le loro possibilità d'impiego.



La porta del forno

Quest'ultimo criterio, comune a tutti i trattatisti, che caratterizza duemila anni di storia, sembrò il più razionale, perché fu chiaro, sin dal principio, che l'importanza pratica di un materiale cementante dipendesse proprio dalle sue caratteristiche d'impiego.

Sotto questo punto di vista i materiali leganti d'un tempo si son sempre suddivisi in due grandi classi:

- leganti aerei;
- leganti idraulici.



Lo scarico della calce viva

I primi possono far presa ed indurire solo se esposti all'aria, lontani dall'umido e dall'acqua, mentre i secondi possono far presa ed indurire anche se immersi in acqua.

Chimicamente le calci aeree sono costituite da Ossido di Calcio (CaO), ovvero la cosiddetta 'calce viva', e si ottengono per calcinazione (cottura per forte riscaldamento) di calcari di adatta composizione chimica e morfologica a temperatura relativamente elevata.



Il marmo, contrariamente a quanto s'immagina, non è mai stato usato per l'ottenimento della calce, sia per il suo valore commerciale sia per la sua struttura morfologica (a grana grossa), che avrebbe dato luogo alla formazione di calce (CaO) difficilmente idratabile. E semmai qualcuno nel passato ebbe l'ingrata idea di calcinare delle statue, queste non erano sicuramente di marmo, ovvero di calcare carbonatico (CaCO_3) pressoché puro. Le osservazioni dello Scamozzi in tal senso devono essere lette con questa chiave. Nel Tomo II, Lib.VII, Capo XVII (40), p.223, infatti si legge: «Frà tutte le pietre da far calcina lodano le molto dure e candide, e perciò s'antepone a Roma i fragmenti di colonne, e cornici di marmi, che si ritrovano sotterra, per non dire de gl'ignoranti, ch'hanno spezzato le statue, e molte tavole, e pili, & altre cose artificiose, e di pregio per far calcina».

A tal proposito, però, va ricordato che i calcari raramente sono costituiti da carbonato di calcio puro (CaCO_3); essi infatti, spesso contengono quantità più o meno rilevanti di carbonato di magnesio (MgCO_3 Calcari dolomitici), oppure di argilla (Calcari marnosi), oltre a varie altre impurità (silice, ossido di ferro, sostanze organiche, ecc.). Perciò, con la cottura dei calcari, si ottengono prodotti con caratteristiche diverse a seconda della composizione del minerale di partenza.

Si osservi che i calcari, in base al tenore di carbonato di magnesio (MgCO_3), vengono oggi suddivisi in tre categorie:

- fino al 5% di MgCO_3 si definiscono ad alto tenore di calcio;
- dal 5% al 20% si definiscono magnesiaci;
- dal 20% al 45% si definiscono calcari dolomitici.

Le pietre calcari assoggettate ad alta temperatura, a contatto dell'aria, si decompongono: l'acqua di cristallizzazione si vaporizza e si sprigiona l'anidride carbonica, ottenendosi per prodotto residuale la calce viva (o caustica), la quale ha la proprietà, allorché si trovi a contatto dell'acqua, di assorbirne una notevole quantità, trasformandosi in una pasta più o meno tenace di idrato di calcio che, lasciata a contatto dell'aria e dei materiali da costruzione, s'indurisce ricostituendosi per assorbimento dell'anidride carbonica.

In questa operazione il carbonato di magnesio si comporta egualmente, trasformandosi con la calcinazione in ossido di magnesio (magnesia caustica); gli ossidi di ferro e manganese si riducono in sesquiossidi, e le sostanze bituminose si scompongono e scompaiono, di modo che anche le pietre calcari di colore scuro, prima d'esser cotte, diventano biancastre con la calcinazione; la silice e l'allumina, se sono combinati insieme (silicato d'allumina) rendono la calce adatta a reagire ed a far presa anche sott'acqua. Si hanno così le calci forti naturali, i cementi e le calci idrauliche artificiali.

Vicat asserisce che le pietre calcari adatte a produrre le calci idrauliche naturali s'incontrano spesso nelle cave medesime che ci forniscono le pietre per le calci vive comuni. Spesse volte le prime sono separate dalle seconde per uno o due strati della medesima roccia; con perseveranza di proponimento e di studio perciò non è affatto difficile nelle medesime cave ritrovare lo strato o gli strati adatti a fornire calce più o meno idraulica. Questi strati non sempre si riconoscono dal colore e dalla loro fisica costituzione, solo si può asserire che l'argilla si riscontra più sovente nelle pietre calcari tenere o di media durezza, di colore tendente al grigio-giallastro; queste pietre esposte all'aria o all'umidità per la presenza dell'argilla si alterano, riducendosi in piccoli pezzi o in polvere. Meglio e con sicurezza esse si riconoscono assoggettandone un saggio all'analisi chimica: a questo scopo il saggio deve essere preso dall'interno della roccia calcare e mai dagli strati superficiali, i quali essendo i più attaccati e modificati dalle intemperie, si presentano quasi sempre più poveri di carbonato di calcio.

La calce comune suole chiamarsi calce grassa, allorquando nell'idratarsi assorbe gran quantità d'acqua (2.4 a 3.6 del proprio peso) con sensibile aumento di volume, e perciò comporta maggiori quantità di sabbia nella formazione delle malte, da ciò il nome di grassa. Danno calce grassa tutte le pietre calcari nelle quali il carbonato di calcio, secondo la normativa vigente, vi è contenuto nella proporzione del 90 al 100%; ed il carbonato di magnesio e le altre sostanze estranee nella proporzione complessiva del 10 allo 0%.

Per contro, si dice calce magra quella calce comune che nell'idratarsi non assorbe molta quantità d'acqua, aumenta poco di volume e comporta poca quantità di sabbia nella formazione delle malte. Le pietre che danno calce magra sono quelle nelle quali vi abbonda il carbonato di magnesio (20 a 25%). Mediamente magra si dice quella calce che contiene fino al 10% di magnesio.

Tanto le calci grasse, che quelle magre, esposte all'aria, si comportano egualmente nella ricostruzione, per cui effettivamente non vi è altra differenza fra loro all'infuori della pratica e della tradizione nella formazione delle malte. Il loro indurimento e la loro presa coi materiali da costruzione, sono dovuti, oltre alla ricostruzione del carbonato di calcio, alla presenza e l'azione dell'anidride carbonica nell'atmosfera (CO_2). Acciò s'aggiunge il fatto che l'idrato di calcio, specialmente quando l'anidride carbonica penetra lentamente nelle masse murali, con la presenza di acqua esuberante, si rapprende sotto forma d'una pellicola cristallina resistente, che avviluppa i granelli di sabbia ed i granelli costituenti la superficie delle pietre a profitto della coesione finale.

Le calci idrauliche si distinguono secondo il loro grado di forza, così che si chiamano calci idrauliche comuni (dette anche forti) quelle calci che manifestano in giusto grado la loro proprietà idraulica e fanno presa sott'acqua dopo alcuni giorni; queste calci contengono dal 10 al 20% di argilla.

Le calci eminentemente idrauliche sono quelle calci che sott'acqua fanno presa in pochi giorni; la quantità di argilla in queste calci varia dal 20 al 30%. Le calci cementizie (o semplicemente cementi) si definiscono le calci che, contenendo oltre questo limite d'argilla, hanno la proprietà di solidificarsi sott'acqua in pochissimo tempo.

In ultima analisi le calci idrauliche sono generalmente delle calci grasse impure. Una volta idratate, però, non danno come queste una pasta tenera e vischiosa: aumentano poco di volume e rientrano perciò nel novero delle calci magre. Se sono spente con un eccesso d'acqua s'induriscono e talvolta si lapidificano per effetto di una più o meno rapida combinazione dell'idrato di calcio, col silicato d'allumina, dando luogo a silicati ed alluminati di calcio. Impiegate in costruzioni fuor d'acqua anche l'anidride carbonica concorre al loro indurimento come nelle calci comuni, la loro solidità però riesce maggiore in costruzioni emerse che in quelle sommerse.



5. - La calcinazione delle pietre calcari

La cottura delle pietre calcari ha per iscopo la decomposizione dei carbonati di calcio e di magnesio sotto l'azione del calore, eliminandone l'acqua di cristallizzazione e l'anidride carbonica.

L'esperienza dimostra che la cottura delle pietre calcari, eseguita in un ambiente limitato, si effettua parzialmente fino a che l'ambiente non si sia del tutto saturato di anidride carbonica; oltre questo limite le pietre resistono anche alle più alte temperature. La cottura delle pietre calcari, perciò, vien fatta all'aperto in apposite fornaci aperte superiormente per dar sfogo all'anidride carbonica ed al vapor acqueo. Le fornaci sono di forma svariata secondo la natura del combustibile e la quantità di produzione che si desidera. Sembra che una corrente di vapore acqueo, durante il periodo di demolizione per calcinazione del calcare, agevoli la decomposizione medesima. In passato era ritenuta perciò buona norma quella di mettere un recipiente con acqua sulla soglia della bocca da fuoco, durante l'operazione di cottura, perché il vapore acqueo potesse facilmente essere trasportato nella massa incandescente. Benché anche i calcari teneri (come le crete e le marne carbonatiche incoerenti) si prestassero alla cottura per la produzione della calce, queste rocce venivano opportunamente preparate spappolandole con acqua ed impastandole dando loro forma di pani, che dopo fatti essiccare all'aria aperta, si sottoponevano alla cottura, come le ordinarie pietre calcari.

Nei paesi dove si aveva larga disponibilità di carbon fossile, la cottura dei calcari si usava fare con molta convenienza all'aperto. Questo metodo consisteva nell'accatastare in aperta campagna le pietre da calce ridotte in piccoli pezzi con carbon fossile a strati alternati e nel ricoprire la catasta così formata con uno strato di zolle di terra ben pigiata, lasciando alla sommità uno o più spiragli di opportuna grandezza, perché la combustione avesse luogo modestamente e perché i prodotti della medesima si potessero espellere.

L'accensione si praticava al piede della catasta, per mezzo di canali che si aveva cura di lasciare appositamente e che sin dal principio si riempivano con fascine di legna miste a pezzetti di carbon fossile. Questo procedimento era senza dubbio il più economico nei paesi in cui si aveva a basso prezzo il combustibile da bruciare e perché non esigeva alcuna spesa di costruzione; con tal sistema la cottura non procedeva però in modo uniforme e regolare per tutta la massa delle pietre, dando talvolta risultati non del tutto soddisfacenti, producendo gran quantità di calcinaroli.

Ordinariamente la calcinazione si faceva per mezzo delle fornaci, di cui se ne avevano due sistemi: quelle a fuoco discontinuo, nelle quali si doveva attendere il raffreddamento della cotta, perché questa si potesse scaricare e sostituire con calcari per la nuova cottura, e quelle a fuoco continuo nelle quali si versavano senza interruzione pietre e combustibile, laddove la cottura, come l'estrazione della calce si effettuava in modo non intermittente. Queste fornaci a fuoco continuo potevano essere a focolare separato dai calcari in cottura, oppure in esse le pietre ed il combustibile si versavano dall'alto a strati alternati.

Per ottenere calce da un calcare, di una qualsiasi qualità, bisogna cuocerlo in modo da realizzare la seguente azione chimica:



bisogna ottenere cioè la dissociazione termica del carbonato di calcio (CaCO_3) in ossido di calcio (CaO) e anidride carbonica (CO_2). Per poter realizzare la suddetta trasformazione è necessario portare il CaCO_3 ad una temperatura di circa 950°C ; non è consigliabile oltrepassare tale temperatura onde evitare che si ottenga una calce troppo compatta difficilmente idratata (calce bruciata), e con bassa resa in grassello.

Dalla formula (1) si evince che la reazione di formazione della calce è endotermica, richiede cioè la somministrazione di calore, ciò che viene bruciando carbone o altro carburante idoneo, nei forni di cottura.

Mediamente, tenendo conto del rendimento del forno, occorrono dai 15 ai 20 Kg di carbone per ogni 100 Kg di calce viva ottenuta.

La calce che si estrae dai forni è in zolle e prende il nome di *calce viva* perché, con l'acqua, reagisce violentemente. Essa si presenta come una massa bianca, porosa, avidissima d'acqua, che sfiorisce spontaneamente all'aria trasformandosi lentamente in polvere: è per tal ragione che essa va conservata in locali chiusi e asciutti.

La calce viva, per poter essere usata come legante, deve essere *spenta*, cioè dev'essere trattata con acqua per essere trasformata in idrato di calcio Ca(OH)_2 :



La reazione, come si vede, è esotermica poiché avviene con notevole sviluppo di calore, ed ha luogo in modo assai rapido.

Se lo spegnimento della calce si fa con un quantitativo teorico di acqua si ottiene la calce spenta. Tale quantitativo teorico si aggira attorno al 24-25% del peso della massa di calce viva: questa quantità d'acqua è in grado di idratare le zolle di calce, demolendole e riducendole in polvere; se la quantità d'acqua, per lo spegnimento, è superiore a quanto detto, allora si ottiene una pasta morbida, untuosa, costituita da una dispersione concentrata di idrossido di calcio in acqua, che vien detto grassello; operando con un forte eccesso d'acqua, si ottiene una sospensione di idrato di calcio in acqua, il quale viene chiamato latte di calce.

In pratica, per la preparazione di malte leganti, si impiega il grassello, che si prepara di solito spegnendo la calce con circa tre volte il suo peso in acqua.

La bontà di una calce viene dedotta dalla sua resa in grassello, cioè dal volume della pasta che si ottiene quando un dato peso di calce viva viene spento completamente e poi lasciato a riposo ad essiccare fino ad incipiente fessurazione della superficie. A questo punto se ne stima il volume: e dal risultato ne deriva la distinzione fra 'calce grassa' e 'calce magra'.

Poiché, come abbiamo già imparato, l'ossido di calcio rigonfia all'atto d'esser idratato, più una calce viva è pura, ovvero ad alto tenore di ossido di calcio, più questa rigonfia durante il processo di spegnimento.

La calce 'grassa' e 'untuosa', che si presenta come una pasta bianca ed estremamente plastica, è caratterizzata da un forte rigonfiamento dopo lo spegnimento. Per contro, le calci 'magre' manifestano un rigonfiamento alquanto contenuto, sono meno plastiche delle 'grasse' e soprattutto manifestano un minor sviluppo di calore all'atto dello spegnimento.

I parametri organolettici che ci permettono di distinguere una calce grassa da una magra sono i seguenti:

Calce grassa viva:

1 Kg fornisce da 1,8 a 2,4 litri di grassello,
e fissa da 1,7 a 2,8 litri d'acqua per chilo;

Calce magra viva:

1 Kg fornisce da 1,4 a 1,8 litri di grassello,
e fissa da 1,0 a 1,7 litri d'acqua per chilo.

Dai risultati di prove specifiche comparate, fatte su diversi tipi di calcare, si evince senza dubbio che la presenza degli alcali è di primaria importanza per il comportamento della cottura della calce. Tenori elevati di alcali hanno come conseguenza un ritiro diminuito del materiale sottoposto a cottura; anzi, in alcuni casi si ha persino la dilatazione dei calcari e conseguentemente un aumento della massa della calce viva a fine cottura.

Il ‘*lavoro di cottura*’, così come viene definito, risulta direttamente proporzionale al diametro medio della pietra di calcare e la scomposizione, all’atto della decarbonatazione, assume specifici rapporti:

La reazione: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Il peso molecolare: $100,09 \rightarrow 56,08 + 44,01$

Alla cottura si producono circa 100 gr di CaCO_3 , circa 56 gr di CaO, e 44 gr di CO_2 . Presupposta la costanza in volume dei calcari messi a cottura, si forma un corpo estremamente poroso con circa il 52% di volume di pori.

A seguito di misurazioni di porosità su alcuni campioni di calce viva, in condizioni di temperatura e tempi di cottura diversi, si sono trovati valori oscillanti fra 18 e 48% in volume, indicando come media un 35% circa.

Si sono inoltre calcinati campioni con cottura *dolce*, *media* e *forte*. La temperatura dei campioni del primo gruppo sono stati calcinati ad una temperatura costante di 900 °C; i secondi a 1100 °C; e gli ultimi sono stati calcinati a cottura forte, ossia a 1300 °C.

La calce cotta dolcemente, a bassa temperatura, è risultata mediamente della densità di 1,59 gr/cm³ e caratterizzata da un’ideale porosità del 52,2%. Per la calce del secondo gruppo, quella cotta a temperatura media, si sono rilevati valori di 2,09 gr/cm³ e rispettivamente a 35,9% di porosità. Infine, i campioni del terzo gruppo, cotti a temperature limite, hanno dimostrato avere densità di 2,81 gr/cm³ e porosità aperta di solo 10,2%, che li può far supporre quasi sinterizzati.

Come la porosità, anche la superficie specifica di una calce dipende direttamente dal suo grado di cottura. A causa della grandezza ridotta dei cristalliti, nella calce a cottura dolce (900 °C) la superficie specifica è maggiore che nella calce a cottura media e spinta.

6. - *Bagnamento ed estinzione delle calci*

La calce viva, bagnata con acqua, ne assorbe una notevole quantità rigonfiandosi; si sfalda con emanazione di calore (e vapor acqueo); si idrata, riducendosi in quella poltiglia, densa ed uniforme nota col nome di 'calce spenta, caustica, fusa, di fossa, stemperata, smorzata o estinta'.

Le calci bagnate con poca quantità d'acqua di fatto aumentano di volume e si decompongono, cadendo in una polvere granulosa, la quale si trasforma in poltiglia solo con l'aggiunta di altr'acqua. Per ottenere che la calce viva si idrati completamente è necessaria una giusta e calibrata quantità d'acqua, la quale nocerebbe se fosse in eccedenza, perché assorbendo molto del calore sviluppato, ne ritarderebbe i fenomeni d'idratazione. Una calce ben cotta si idrata facilmente e completamente; una calce poco cotta si idrata più lentamente lasciando i residui non perfettamente cotti; anche le calci troppo cotte si idratano in tempi più lunghi.

La reazione $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ è chiamata comunemente spegnimento della calce. L'acqua può essere aggiunta allo stato liquido o vaporiforme. Lo spegnimento con vapore acqueo compresso (fino a 40 atm) viene prevalentemente impiegato con le calci fortemente dolomitiche, ossia magnesiache, o a cottura spinta.

La reazione rappresentata qui sopra è accompagnata da un forte sviluppo di calore. Per dar un'idea della reazione esotermica, basterà dire che con un chilo di ossido di calcio puro (CaO), ovvero calce viva, sarebbe sufficiente a portare 2,8 Kg d'acqua da 0 °C fino al punto di ebollizione, a prescindere da perdite termiche eventuali.

Il comportamento di spegnimento della calce viva risulta influenzato in particolare dalla temperatura dell'acqua di spegnimento e della calce viva, dal grado di cottura della calce e dai componenti estranei nella calce viva o nell'acqua di spegnimento.

Le calci, dopo che son state estinte, tendono ad addensarsi e formare in superficie una crosta secca, la quale è indizio dell'iniziato processo di carbonatazione dovuto all'evaporazione dell'acqua di spegnimento ed il successivo contatto con l'anidride carbonica nell'aria; bisogna allora ricoprirle con uno strato di buona sabbia, alto almeno 20 cm, mantenuto costantemente umido, per preservarle dalla disidratazione superficiale, il che le ridurrebbe di nuovo allo stato di carbonato.

Le calci più pure sono e più si lasciano cuocere a bassa temperatura; più bassa è la temperatura di cottura e più porosa è la calce che si ottiene; pertanto più pure sono le calci e più porose queste riescono; più porosa una calce e più acqua assorbe; più acqua assorbe e più aumenta di volume e più alta è la resa in grassello; pertanto, più una calce è pura e più alta sarà la sua resa alla lavorazione.

Concludendo: a misura che una calce riesca porosa, la resa in grassello aumenta.

Nei cantieri di costruzione il bagnamento e l'estinzione delle calci occupavano una parte non secondaria. Le calci si mettevano al riparo dalla pioggia, depositandole in un'apposita baracca o tettoia a pareti chiuse di legno, aperta soltanto da un lato e provvista di pavimento pure in legname. Il locale addetto al bagnamento si componeva di una serie di truogoli aventi la pianta della forma di un trapezio, lunghi 2,5 metri e larghi alle due basi rispettivamente 0,6 e 1,5 metri, costruiti con tavole di 4 centimetri di spessore, con alzate perimetrali di contenimento alte 40-50 cm, col pavimento inclinato, di legno o di mattoni (quadrelli), e di una tettoia comprendente il deposito della calce, possibilmente comunicante con la baracca delle calci. Sotto questa tettoia erano disposti in parte i truogoli, di modo che con la medesima si potessero proteggere dalla pioggia anche gli operai addetti all'estinzione. Lungo il lato minore dei truogoli era praticata un'apertura, larga 40 centimetri, provvista di porticina saracinesca, comunicante con un canale di tavole, largo 30 cm, il quale lungo la cima opposta all'inserimento nel truogolo, possedeva analoga apertura provvista di graticola, e comunicante direttamente con la relativa vasca o fossa di deposito sottostante, della calce spenta. Le fosse di deposito avevano d'ordinario una forma di parallelepipedo, erano scavate nel terreno, profonde 1,5 m, larghe 2 m sul lato a ridosso della bocca dei truogoli, e lunghe metri 3. Le fosse erano rivestite di un muro sottile, ricoperto d'intonaco tirato a fino; il vano doveva riuscire resistente alla spinta della terra, e rifinito in modo da impedire che il latte di calce del grassello venisse assorbito dal terreno circostante.

Due fosse contigue erano separate fra loro da un muretto, per lo più di mattoni, dello spessore di almeno due teste intonacate, come pur di mattoni venivano lastricati i pavimenti.

Le calci vive spente con acqua e ridotte in poltiglia nei truogoli si dirigevano nelle fosse, dove si depositavano, e si addensavano, acquistando nel dovuto tempo tutto l'aumento di volume di cui erano suscettibili.

Completavano l'impianto per lo spegnimento delle calci, un tino di legno o un recipiente di ferro o di lastre di ardesia destinato come primo deposito d'acqua, provvisto di un tubo di piombo o di latta che permetteva di portare l'acqua al centro della base maggiore dei truogoli, ed un serbatoio, per lo più scavato nel terreno, con pavimento e pareti rivestiti di muratura stagna, dove affluiva l'acqua sovrabbondante del tino.

7. - Diversi sono i modi praticati per l'estinzione delle calci

L'estinzione naturale o spontanea si consegue esponendo le calci vive, per un certo tempo, a contatto dell'azione continua e lenta dell'umidità dell'aria. Le calci così estinte si riducono in polvere e si trasformano poi in poltiglia, con l'aggiunta di nuova acqua, all'atto in cui vien richiesto di impastarle con altri ingredienti per la formazione delle malte. Così idratate le calci perdono però un po' del loro nervo, e la loro resa in volume non è da lodare.

L'estinzione per aspersione, nel passato, consisteva nel deporre la calce nei truogoli e nel bagnarla con piccola quantità d'acqua, giustamente sufficiente per idratarla allo stato di polvere secca. La quantità d'acqua necessaria per tale operazione era $\frac{1}{4}$ all'incirca di quella che bisognerebbe per ridurla in poltiglia. Così idratata la calce si poteva conservare e facilmente trasportare a grandi distanze senza l'onere di dover necessariamente trasportare anche l'acqua. Tale calce è oggi comunemente definita 'fior di calce'.

Come i due casi precedenti, anche l'estinzione per immersione aveva lo scopo di idratare la calce riducendola allo stato di polvere. Infatti questo metodo consisteva nel deporre la calce viva entro cesti di ferro, che si immergevano per qualche istante nell'acqua, dopo di che, estraendoli, la calce si rigonfiava e sfioriva riducendosi in polvere. L'estinzione per fusione era (ed è) il metodo ordinariamente tenuto per l'estinzione delle calci. Esso consiste nel bagnare le calci vive depositate nei truogoli con acqua sufficiente per ridurle allo stato pastoso, semiliquido, dopo di che si fanno colare nelle fosse di deposito (dette anche calcinai), finché queste non siano colme; la poltiglia così raccolta (detta grassello), vi si mantiene per quattro giorni almeno per lasciarla assodare; quindi si ricopre la massa con uno strato di buona sabbia per preservarla dal contatto dell'aria e fino a che non viene impiegata. È necessario, con questo metodo, versare l'acqua bisognevole per l'estinzione della calce in un'unica volta, e se questa dovesse esser in difetto, s'aggiunga la differenza solo dopo che la calce s'è raffreddata; ciò allo scopo di non raffreddare la massa mentre questa si sta rigonfiando ed idratando, compromettendone la resa.

La giusta quantità d'acqua si può regolare facendo un esperimento di estinzione di una piccola quantità di calce in un recipiente con acqua esuberante.

Facendo depositare il grassello e decantando l'acqua eccedente, si deduce, conosciuti i pesi dei materiali in gioco, la quantità d'acqua assorbita dal saggio di calce per idratarsi completamente.

Solo fino a qualche decennio fa, per le calcine idrauliche naturali, ossia le forti, il metodo di estinzione poteva essere quello per fusione come si adottava per le calci grasse, non senza prendere però delle precauzioni speciali tendenti ad evitare il loro indurimento provocato dalla presenza dell'acqua. Conveniva a questo scopo depositare le calcine idrauliche a strati dello spessore di 20 cm. circa direttamente nella vasca di deposito e versare e dirigere l'acqua uniformemente su tutto lo strato senza procedere ad alcun rimestamento del miscuglio. Idratato il primo strato, si versava sopra un secondo strato dello stesso spessore che si idratava egualmente, e così di seguito sino all'idratazione totale della quantità di calce di cui si aveva bisogno. La calce idraulica naturale veniva anche trasportata nei cantieri in pani, ancora viva, ed estinta all'atto di servirsene mescolandola con acqua e sabbia per preparare le malte. In tal caso, gli operai avevano cura di rimestare gli impasti a lungo ed applicare le malte solo dopo che la calce si fosse sufficientemente raffreddata.

Per l'estinzione delle calci conviene adoperare acque pure. Le acque di mare sono generalmente proscritte, perché ritardano la presa delle malte e danno luogo a pericolose efflorescenze saline sulle superfici murali.

Nelle costruzioni marittime sembra invece che fossero sopportate. Secondo il Belidor le acque di mare, oltre a riuscire, in certi casi, più economiche, producono nelle malte un indurimento finale superiore che non con le acque dolci; nelle costruzioni marittime l'efflorescenza di sale, poi, non costituisce un difetto rilevante.

Dicesi di spegnimento della calce forte 'a portico' quando si ammucchia la calce viva al coperto, sotto un portico e la si estingue spruzzando sul mucchio dell'acqua e rimestandolo con un badile, lasciandola poi a maturare ovvero finire la propria idratazione per assunzione di ulteriore acqua dalla umidità relativa dell'aria.

La calce va ammucchiata sotto un portico perché l'eventuale pioggia non superi la fase stechiometrica di idratazione dell'ossido e non inneschi il processo di presa idraulica del legante. In tal caso la calce, come dice il Palladio, sarebbe tutta da buttare.

La calce in polvere ha prevalentemente un curva granulometrica passante fra i 40 e gli 80 μm , con piccole frazioni fra gli 80 e i 90 μm ; così come ha bassi valori passanti sotto i 40 μm . Per questa ragione le sabbie dovrebbero essere selezionate togliendo ad esse la frazione granulometrica sotto gli 80 μm .

Può accadere che alla calce si aggregino inerti di granulometria al disotto dei $40\ \mu\text{m}$: ciò porterebbe ad ottenere un impasto dove la calce è più grossa della carica; caso questo che porta alla disgregazione dei manufatti, poiché la carica si trova ad avvolgere la calce, e non il contrario, impedendo così il contatto e la presa fra granulo e granulo della calce stessa. Questa parte superfine, detta ‘impalpabile’, che se affondata in acqua diventa fanghiglia, è ciò che lo Scamozzi chiama ‘beletta’.

Crivellare la polvere di marmo, per togliere la *beletta*, ha proprio questo scopo. È pur vero che la calce mista a *beletta* di marmo è più lavorabile e cremosa, ma la durezza dei manufatti così preparati è di gran lunga inferiore alla durezza di quelli composti con polveri crivellate e più grossolane.

8. - *Dello spegnimento delle calcine grasse*

Nelle calcinaie il grassello viene lasciato a macerare a lungo affinché ogni singolo bottacciuolo, o calcinello come si vuol dire, debba sfiorire completamente, assorbendo tutta l’acqua di cui abbisogna per spegnersi completamente.

Se i detti grumi di calcina non dovessero completamente idratarsi e dovessero prender acqua e spegnersi nei materiali posti in opera, se ne avrebbe gran danno, poiché bagnandosi, questi aumenterebbero di volume facendo rigonfiare e screpolare le malte.

Nelle malte del passato, confezionate in cantiere, si trovano facilmente dei residui di calce usata all’atto della preparazione delle malte, non perfettamente stemperati nella massa. Tali residui si mostrano come granuli bianchi di varia dimensione e diconsi, come s’è detto, ‘bottaccioli’ o ‘calcinelli’.

Di bottaccioli (o calcinelli) ve ne sono di due tipi: i primi, calcinelli stracotti, sono il risultato della super cottura della calce nella parte bassa del forno, in prossimità della fiamma, che ha fortemente compattato l’ossido di calcio per sinterizzazione; i secondi, calcinelli crudi, che sono la parte di carbonato di calcio messo in forno, lontano dalla fiamma, nella parte superiore della fornace, e che pertanto si estraggono ancora crudi. Quest’ultimi svolgono una funzione inerte nella malta. I primi, gli stracotti (più rari e più pericolosi), sono suscettibili di idratarsi nel tempo, disgregando il corpo della malta a causa del rigonfiamento dell’ossido di calcio all’atto del suo spegnimento.

È raro trovare un calcinello del primo tipo poiché, nel tempo, esso ha sicuramente già avuto modo di idratarsi causando i danni di cui si è detto.

L’acqua che abbisogna per lo spegnimento della calce viva dovrà essere dolce, levata dal pozzo, che non debba contenere alcun sale che possa danneggiare le malte.

Bisogna ben guardarsi dal cloruro di sodio, il quale darà in seguito origine a brutte fioriture sui muri; ma ancor più dannoso è il cloruro di magnesio contenuto nelle acque marine e nelle sabbie prese dai lidi. Altrettanto dannose sono anche le acque torbide che rendono difficile la presa e l'indurimento delle malte, limitandone di molto la resistenza.

Le fioriture di sali che talvolta compaiono sui muri, che è costume chiamare *salnitro*, sono miscugli di sostanze deliquescenti come nitrati e carbonato di potassio.

Dette sostanze, oltre che trovarsi nelle acque per la preparazione delle malte, possono trovarsi nei mattoni medesimi o più comunemente nelle acque che ristagnano attorno alle fondazioni delle fabbriche, e che vengono assorbite dalle mura.

Si è soventemente veduto murare edifici con mattoni di buona argilla e di ottima cottura, e malte preparate con sabbie scelte miste al moderno cemento Portland di prima qualità, e con mio stupore ho veduto i mattoni coprirsi con abbondanti fioriture di sale, cosa che mai s'era veduto prima accadere usando le comuni calci bianche. Di fatto, i cementi moderni sono purtroppo molto ricchi di sali idrosolubili e quando questi vengono usati per preparare malte da muro, cedono i sali all'acqua d'impasto, la quale acqua, asciugando di preferenza attraverso i mattoni, che sono più porosi delle malte stesse, li trascina alla superficie di questi, laddove cristallizzano in pericolose ed abbondanti bianche fioriture.

9. - Della presa e dell'indurimento delle Calcine

Il tempo di presa delle calcine è molto breve, e consiste semplicemente nel tempo in cui la calcina si asciuga e perde parte dell'acqua che è servita ad impastarla.

L'indurimento è un processo chimico che dura molto di più. Tale processo, conosciuto con il nome di *carbonatazione*, consiste nell'assunzione dell'anidride carbonica (CO_2), che si trova nell'aria, da parte dell'idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, che è il grassello medesimo.

Come ebbi a dire, durante la calcinazione del calcare nei forni, questo perde, per effetto della temperatura, l'anidride carbonica in esso contenuto, mutando il carbonato in ossido di calcio. Ora, l'assunzione di anidride carbonica da parte dell'idrato di calcio, nel tempo, cambierà la calce in carbonato di calcio, ovvero la stessa materia di cui era costituito il sasso che avevamo raccolto nel fiume o nella cava.

Durante il processo di carbonatazione ha luogo una reazione per cui vi è sviluppo d'acqua; ed è per ciò che le malte e gli intonaci, che sono ancora soggetti al fenomeno di carbonatazione, rimangono umidi per lungo tempo, subendo peraltro un'apprezzabile diminuzione di volume se non vi fosse la sabbia ad impedirlo.

Si noti poi, che in mancanza di sabbia, la calce mutata in carbonato di calcio sarebbe così compatta da impedire la penetrazione dell'anidride carbonica al suo interno ed il prosieguo del processo di indurimento negli strati più intimi dei manufatti. La presenza della sabbia nell'impasto della malta, da un lato limita il ritiro delle malte durante l'essiccamento, dall'altro mantiene la malta adeguatamente porosa da permettere una buona carbonatazione nell'intero suo spessore.

D'altro canto però, una malta troppo porosa, anche se totalmente indurita, risulterà alla fine troppo debole; da ciò la necessità di ben scegliere il giusto rapporto fra calce e sabbia.

Bisogna inoltre tenere ben a mente, che l'acqua usata per impastare le malte non è un elemento che serve meramente a facilitarne l'opera di rimestamento; la sua quantità è di massima importanza, come lo sono le giuste quantità di calce e sabbia. Di fatto, l'anidride carbonica agisce con l'idrato di calcio quando questo si trova in soluzione satura nell'acqua e giammai quando questo non ne è disciolto.

Da questa considerazione ben si comprende quanto sia allora necessario abbondantemente bagnare i mattoni prima di porli in opera; i mattoni asciutti sottraggono velocemente acqua alle malte arrestando così il fenomeno di carbonatazione e di indurimento proprio laddove v'è contatto fra malta e mattoni.

Il fenomeno di carbonatazione procede dall'esterno verso l'interno, ed allorché anche l'acqua prodotta dalla reazione sarà completamente evaporata, l'indurimento si arresta e la malta dicesi *morta*.

10. - Delle Calci Magnesiache

Una riflessione: ci sono molte valide ragioni perché le malte provenienti da monumenti e scavi, siano analizzate. Talvolta l'indagine è condotta allo scopo di comparare le differenti malte rinvenute ed avere testimonianza del periodo d'appartenenza. D'altronde le malte da restauro dovrebbero essere preparate con materiali simili agli originari. Non meno importante è la procedura mirata ad ottenere più informazioni circa le tecniche di costruzione, e scoprire l'origine dell'approvvigionamento delle materie prime.

Le analisi usualmente sono condotte con indagini mediante microscopia o con analisi chimiche; talvolta completate con diffrazioni ai raggi X, spettroscopia all'infrarosso ed altri più complicati metodi. I passi su cui si precede per una certa analisi e l'interpretazione dei risultati, dipendono dallo scopo prefissato. Per le malte di calce pura con sabbia di fiume, consistente per lo più di quarzi o feldspati, il metodo d'analisi e l'interpretazione dei risultati, sono espliciti e senza difficoltà, ma le analisi e le interpretazioni assumono una certa difficoltà qualora il legante o gli aggregati siano di diversa entità da quelli appena citati.

La situazione usualmente si aggrava dal fatto che in pratica si può disporre di un esiguo numero di campioni, ragione per cui è sempre necessario selezionare gli interventi d'analisi con molta cura.

Quando si esamina al microscopio una malta storica, con lenti manuali o con microscopio a binocolo (normalmente l'unico metodo analitico, usato in sito, prima di prelevare il campione) è quasi impossibile distinguere malte di pura calce da altre con diverso legante; pertanto il conseguente metodo analitico dev'essere subito individuato in modo da non perdere accidentalmente alcune importanti informazioni.

Un esempio su tutti è riferito alla comparazione fra malte storiche di calce dolce e malte di calce dolomitica, che sono l'argomento del nostro interesse.

Malte di calce dolce e malte di calce dolomitica - Per la dissertazione che segue, sui risultati analitici, è necessario riconsiderare le caratteristiche dei singoli componenti ritrovati nei campioni delle malte esaminate.

La *sabbia aggregata* - Gli aggregati nei vari campioni, di entrambi i tipi di malta (carbonatica e magnesiana), sono gli stessi. Consistono, infatti, in sabbia con una certa distribuzione granulometrica, forma dei grani e mineralogia, dipendentemente dal sito di approvvigionamento (sabbia di fiume, di mare, ecc).

In molti casi si nota la presenza di grani di quarzi e feldspati che rivelano la loro caratteristica di inerti durante la presa della malta; infatti, non hanno reagito idraulicamente con il legante, se non in tempi lunghissimi e frazioni irrilevanti. Infatti, sono state eseguite indagini su parecchi campioni di malta, con risultati quasi nulli, tanto da poter affermare che tale reazione giochi un ruolo assolutamente marginale. Oltre a quarzo e feldspati, la sabbia può contenere piccole quantità di mica, argilla, e tutta un'altra serie di minerali, che sono anch'essi da considerarsi inerti durante il processo di presa ed indurimento.

Dipendentemente dalla provenienza della sabbia, essa può contenere carbonati, per lo più calcite: CaCO_3 o dolomite $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$, oppure farine macinate o schegge di carbonato di calcio, marmo o dolomite che sono state aggiunte alla sabbia. Queste aggiunte agli aggregati sono particolarmente importanti per distinguerle dal legante per mezzo di un microscopio, poiché è ben difficile che si possano distinguere semplicemente con un'analisi chimica.

Additivi organici come fibre di legno, peli od altro, che si trovano comunemente nelle malte storiche, non possono influenzare i risultati dell'analisi chimica.

Il *legante* (Carbonato puro) - Il carbonato è calcinato a 900-1000 °C, ed il suo prodotto è ossido di calcio secondo la reazione:



La calce viva è spenta con l'acqua. Dipendentemente da come lo spegnimento è eseguito, il materiale che ne risulta è fisicamente, ma non chimicamente lo stesso. La calce che è stata lasciata a macerare nelle fosse per un lungo tempo forma un prodotto molto cremoso ed omogeneo, mentre una calce preparata nelle fosse, a piè di fabbrica, e subito impiegata, sicuramente contiene bottaccioli, che si possono osservare in molte malte del passato anche non storiche.

La reazione alla bagnatura è molto veloce ed esotermica. Questa l'equazione:



Durante il processo di indurimento la malta assume CO_2 dall'aria e si ha l'equazione semplificata:



La reazione avviene solo in ambiente umido (non sott'acqua), dove l'acqua funziona come un catalizzatore. La reazione è piuttosto lenta a causa della bassa concentrazione di CO_2 nell'aria e si sviluppa dall'esterno all'intimo della materia. Usualmente si ha formazione di calcio carbonato calcite. Durante l'estinzione dell'ossido di calcio si raggiungono notevoli temperature, cosicché è possibile che vi sia formazione di aragonite, una modificazione del CaCO_3 .

Ben altra cosa è la calce magnesiaca!

La *Calce dolomitica* - I calcari dolomitici (magnesiaci) sono comunemente calcinati alla medesima temperatura dei carbonati puri. Questo processo si sviluppa con la reazione semplificata:



Vi è prova che se la dolomite è calcinata ad una temperatura fra i 700 e gli 800 °C, la risultante reazione sarà una miscela di calcite (CaCO_3) e *periclase* [ovvero *magnesia* o *periclasio* (MgO)], la quale, se idratata, può provocare una presa apparentemente idraulica.

Un campione di dolomite, calcinato per un'ora a 750 °C, si è trasformato in calcite e periclase con qualche residuo di dolomite. Si nota che la dolomite calcinata (viva) reagisce più lentamente, durante il processo d'estinzione, di quanto non faccia una calce pura.

La sua reazione semplificata può essere la seguente:



In questo processo di idratazione la trasformazione da calcio ossido a calcio idrossido è un fenomeno veloce; il componente magnesio ossido mostra invece una lenta assunzione d'acqua, cosicché in molti casi, una *miscela di calcio idrossido, magnesio idrossido e magnesio ossido*, è ciò che ci si ritrova per preparare la malta.

Quando la calce è estinta in una fossa e vi rimane a macerare per molti anni, tutto l'ossido di magnesio ha il tempo per idratarsi. Si osserva, nel tempo, come l'idrossido di calcio e l'idrossido di magnesio, formino *gravimetricamente* due diversi strati, poiché la *brucite* [$\text{Mg}(\text{OH})_2$], che è più densa, sedimenta sul fondo della fossa. In tutti gli altri modi d'estinzione, che prevedono tempi brevi di contatto fra acqua e periclase (ossido), non tutto il periclase si trasforma in brucite. Un'analisi condotta su una dolomite calcinata ed estinta (Niesel & Schimmelwitz 1971), mostra che l'ossido di magnesio è chiaramente maggiore del magnesio idrossido, quando l'idrossido di calcio ha già iniziato a carbonatare. *Overo, la trasformazione della fase magnesiaca è sempre in ritardo rispetto alla fase carbonatica.*

La presa di una calce dolomitica si può descrivere con due livelli di reazione.

Nel primo livello si consideri solo la presa dell'idrossido di calcio, che è esattamente la medesima reazione suesposta, definita per le calci grasse pure, *nelle quali però le fasi magnesiache accelerano la velocità della produzione di calcio carbonato.*

Nel secondo livello si hanno (in ritardo) *reazioni attinenti esclusivamente alle fasi magnesiache.*

Nelle antiche malte di calce dolomitica, la Portlandite è usualmente del tutto carbonatata. Per esempio: è stato stabilito che le malte gotiche, di calce magnesiaca, prese dalle volte del convento di Münstair in Svizzera, ancora contengono residui di Portlandite [$\text{Ca}(\text{OH})_2$].

La carbonatazione della Portlandite avviene solo se l'idrato di calcio rimane in soluzione, cosicché la Portlandite può rimanere non carbonatata in luoghi dove si è avuta una veloce essiccazione del supporto e della malta, e che non sia stata adeguatamente mantenuta umida. Laddove, invece, nei luoghi ove le malte sono state adeguatamente bagnate (per esempio: facciate esposte alla pioggia), o dove le malte sono rimaste bagnate a lungo da consentire una completa carbonatazione, è molto improbabile che vi rimanga qualche residuo di Portlandite $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$. Va notato inoltre, che la Portlandite non è mai stata parte della massa degli aggregati.

La calcite è probabilmente il principale minerale di calcio presente nel legante. Può anche essere parte dell'aggregato nella sabbia, ma un'analisi della sezione sottile aiuterà a distinguere i due tipi, e ciò è molto importante per l'interpretazione dei risultati. Il calcio carbonato può trovarsi anche sottoforma di aragonite, la quale può appartenere all'aggregato in forma di conchiglie, o appartenere al legante se la malta ha raggiunto alte temperature durante la presa (per esempio: calci estinte ed applicate). Calcio e magnesio sembrano esclusivamente formare due fasi separate: pertanto la dolomite, se trovata nelle malte, non può che trovarsi nell'aggregato.

In malte che sono state frequentemente o permanentemente bagnate (esposte alla pioggia o sotterrate), il periclase MgO sarà sicuramente idratato; comunque, per ciò che riguarda la trasformazione in brucite (o una forma amorfa di idrossido di magnesio), essa si concretizza molto lentamente, ragion per cui è possibile che l'ossido di magnesio sia ancora presente nel legante di antiche malte.

S'è trovato dell'ossido di magnesio (periclase), oltre alla brucite $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ e calcite, in uno strato di pittura, la quale, si suppone, sia stata dipinta usando calce dolomitica spenta. Anche qui il periclase MgO è impossibile che sia stato introdotto con gli aggregati.

Il primo prodotto di idratazione del periclase è un idrossido di magnesio amorfo, il quale è solo più tardi trasformato in brucite. La velocità di reazione è dipendente dal tempo e dalla temperatura con cui si è ottenuto l'ossido di magnesio (periclase), avvertendo che più alta è la temperatura di calcinazione (e più prolungato il tempo di cottura), conseguentemente più lenta sarà la reazione periclase - idratazione - brucite.

La brucite cristallizza, sott'acqua, in fase bagnata o umida, formando lunghi aghi che compenetrano tra loro, il che si rivela con una certa durezza della malta; da ciò il convincimento che le malte di calce dolomitica possono far presa idraulica senza contenere silicati di calcio. E ancora, né la brucite, né l'idrossido di magnesio amorfo può essere parte dell'aggregato. Si è trovato nelle malte dell'*Ultima cena* di Leonardo, della brucite; così come si è trovato dell'idrossido di magnesio amorfo nelle malte di Müstair.

Si può concludere col dire, che nella reazione di presa di una malta dolomitica, vi sono elementi che devono essere presi in accurata considerazione. Per esempio: alcune parti della reazione (la formazione di brucite) possono realizzarsi sott'acqua ed altre parti invece abbisognano di un considerevole apporto di CO_2 e pertanto non reagiscono affatto sott'acqua. Ciò implica, che, dipendentemente dal tempo di presa della malta in ambiente umido, essa assumerà una composizione mineralogica differente da un'altra malta, dalle stesse caratteristiche di composizione, ma con un diverso gradiente d'umidità durante il periodo di presa ed indurimento. Non la composizione, quindi, ma l'ambiente!

Campi d'impiego delle calci magnesiache - Se calcinata adeguatamente e sottoposta ad un sufficiente periodo d'idratazione, una calce magnesiacca può essere un eccellente materiale. Comunque se non calcinata e preparata con cura, o disturbata (toccata, aggiustata, scossa) durante la presa, la malta di calce magnesiacca può non fare presa affatto, e cadere in polvere.

Il magnesio calcinato (MgO) non si estingue velocemente con l'acqua come per il calcio ossido del grassello, ma si combina con l'acqua molto lentamente.

La conversione da carbonato di magnesio (MgCO_3), a ossido di magnesio, inizia a 725°C , che è molto al disotto dei 900°C , che servono a convertire il carbonato di calcio in ossido di calcio. Ne consegue che i carbonati magnesiaci (che contengono sia carbonato di calcio, sia magnesio), cotti ad una temperatura ottimale per la calcinazione del calcio carbonato (900°C) portano in sé dell'ossido di magnesio stracotto. In questa forma, la calce magnesiacca viva, normalmente non si estingue totalmente, se non addirittura affatto. Questa calce viva è più dura (resistente all'estinzione) e assorbe una quantità d'acqua di gran lunga inferiore di quanto non assorbano le calci vive di puro ossido di calcio.

Quando le calci magnesiache sono calcinate alla temperatura più alta di quelle citate, in una produzione commerciale, esse vengono usualmente estinte sotto pressione in autoclave, ma talvolta accade che vengano lasciate macerare per lunghi periodi in fosse. L'alternativa è di calcinare questi carbonati magnesiaci a bassissima temperatura (725°C) e lasciare che il calcio carbonato rimanga crudo.

L'identificazione delle calci magnesiache è cosa chiaramente importante. Le seguenti prove possono essere di utilità:

- Usando una soluzione di acido cloridrico, la magnesite (MgCO_3) spumeggia lentamente, mentre una pura dolomite si dissolve solo se l'acido è riscaldato.

- Un altro test consiste nel ridurre il materiale in polvere e metterne una piccola quantità in un crogiolo. Se si tratta di un carbonato di magnesio, surriscaldando il contenitore, il materiale zampillerà fuori dal crogiolo; per contro, un campione di calcite può essere surriscaldato e nessun effetto sarà evidenziato.

- Disponendo di un carbonato magnesiaco non supercotto, e provvedendo a non disturbarlo, questi è in grado di indurire anche sott'acqua; e ciò è più evidente quando si lascia la pasta essiccare adeguatamente prima dell'immersione. *La presa è ulteriormente rafforzata se è presente una pur bassa porzione d'argilla (fino al 5%). Per contro, laddove il carbonato di magnesio ecceda il 30%, esso inibisce qualsiasi presa, indipendentemente dal contenuto d'argilla reattiva presente.*

- Le malte preparate con calci magnesiache sono piuttosto resistenti e durevoli se mescolate nella proporzione di due parti di calce e tre (o meno) di sabbia; e dovrebbero far presa, se indisturbate, entro 2 o 3 giorni di immersione (Vicat, 1837).

Le pietre dolomitiche sono leggermente più pesanti e più dure delle carbonatiche prive di magnesio, di simile tessitura e porosità. La pura dolomite è bianca, ma le impurità presenti, spesso ferro, tendono a tingerle di rossiccio, bruno o gialliccio. Il processo di dolomitizzazione spesso produce piccoli cristalli romboedri che rivestono i vuoti interni. Questo processo, dovuto al marginale maggior peso specifico della dolomite rispetto alla calcite, tende a ridurre la massa e crea un tessuto poroso; ciò, combinato con la durezza della pietra, può farlo apparire più simile ad un'arenaria.

Il bianco della calce magnesiacca, quando il sasso d'origine non contiene alcuna impurezza, non teme il confronto con nessun'altra calce per il suo candido splendore: neanche con la celeberrima e purissima calce di pietra d'Istria (Cfr. Il Filarete).

11. - Dei leganti idraulici naturali

Come ho già avuto modo di ribadire più volte in questo mio manuale, le calci comuni non possono far presa in presenza d'acqua, anzi se immerse in essa vi si mantengono. Per contro, i cementi idraulici naturali, che talvolta nominerò anche calci idrauliche o calci forti, possono far presa ed indurire anche sott'acqua.

Le calci idrauliche naturali si ottengono dalla calcinazione di calcari argillosi, o come meglio si dice, *calcari marnosi*, ovvero pietre calcaree che contengono in Natura una certa parte d'argilla; detta quantità di argilla, varia dalle 6 alle 20 parti su cento.

L'idraulicità è la proprietà che hanno queste calci di rassodarsi anche sott'acqua; e come stabilì il francese Vicat, l'idraulicità dipende direttamente dalla quantità di argilla contenuta nei calcari calcinati. Egli poté saggiare questa teoria per mezzo d'uno strumento da egli stesso ideato, e propose che l'Indice di Idraulicità fosse il risultato del rapporto:

$$\frac{\text{argilla}}{\text{Ossido di Calcio}} \quad \text{ovvero:} \quad \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO}}$$

Secondariamente, ma non di minor importanza, anche l'aumentata temperatura di cottura dei calcari argillosi porta ad una maggior idraulicità delle suddette calci.

Il Vicat speculò poi sui detti principi allorché volle dimostrare che taluni risultati si potevano raggiungere anche in maniera innaturale.

Per esempio, se ponessimo a cottura dei calcari puri con aggiunta di buona argilla fino a 25 parti su cento, questi, se assieme calcinati a differenti temperature, renderebbero cementi con differenti indici di idraulicità.

Calcinando i sopradetti miscugli alla temperatura di circa 1000 °C, si ottengono le così dette 'calci limiti', poiché oltre tale temperatura si ottengono i *cementi propriamente detti*.

Alla temperatura di 1200 °C si ottengono i 'Cementi romani', detti anche Cementini; ed infine, alla temperatura di circa 1500 °C, il già citato Cemento Portland.

Nonostante le alte temperature aumentino l'indice di idraulicità, favorendo la formazione di Alluminati e Silicati idraulicamente attivi, le calci idrauliche migliori sono quelle naturali, che si lasciano calcinare a 900 °C circa, come accade per le calci comuni.

Di fatto, i calcari marnosi calcinati a bassa temperatura abbisognano di minor acqua e minor tempo per lo spegnimento, e ciò scongiurerebbe alterazioni dei composti idraulicamente attivi.

È inoltre riconosciuto che nei calcari argillosi calcinati a temperature moderate, gli idrosilicati di alluminio che costituiscono le argille originali, che non si trasformano in Silicati ed Alluminati all'atto della calcinazione, hanno la capacità di reagire con la calce, in presenza d'acqua, durante il periodo di presa ed indurimento, formando comunque dei composti dalle proprietà idrauliche.

Lo spegnimento di queste calci vien fatto con assai poca acqua, quanto basta per idratare la calce viva in esse contenuta, similmente a quanto si fa per spegnere la calce grassa comune per immersione. Così facendo se ne ottengono zolle pulverulenti che vengono lasciate all'aria, coperte, a ben stagionare. Queste più avanti sfioriscono, e vengono passate in un mulino per ottenerne una polvere fina, che è la calce idraulica pronta da portarsi a piè di fabbrica, dove sarà mescolata a buona sabbia e bagnata con la giusta quantità d'acqua per preparar le malte. Solo in quel momento avrà luogo l'idratazione dei silicati e degli alluminati, ovvero i composti idraulici derivati dalla calcinazione dell'argilla, i quali, in presenza d'acqua, inizieranno il processo di presa e di indurimento. Ciò ci deve far comprendere perché queste calci devono essere tenute a magazzino in polvere e non già in acqua come le comuni calci grasse, poiché, una volta bagnate, se non usate subito, sono da buttare. Queste calci fan subito presa, ed anche in acqua induriscono notevolmente.

Ciò mi rammenta il Delorme, il quale, nel primo dei suoi nove libri, disquisendo di calci dolci e calci forti, sull'argomento è illuminante.

Filiberto Delorme, o come si vuol dire, Philibert De L'Orme (1510(?)-1570), era architetto di estrema sofisticaggine e pignoleria tale, da voler preparare egli stesso le calcine da usarsi nelle sue fabbriche. La sua meticolosità, nella scelta dei legni da adoperarsi nelle capriate, arrivava al punto da indurlo a preferire gli alberi fra quelli che avessero avuto la cima rivolta ad Oriente; e si dice che avesse anche la sottigliezza di prendere fra quelle pietre che al chiaror della luna si rafforzano, le quali, contrariamente, a suo dire, se poste a Notte, sarebbero condannate ad indebolirsi.

Ebbene, secondo il Delorme: «la calce è buona se è ben cotta, bianca e grassa, se non è sfiorita e se risuona battendola; se bagnata manda uno spesso fumo, e nello istemperarla si attacca alla marra. Il modo di ben istemperarla per formare un'eccellente malta, è d'ammassarne in una fossa tal quantità che farà bisogno, poi coprirla egualmente da per tutto di buona sabbia per un piede o due di altezza, poi gettarvi sopra dell'acqua perché la sabbia ne sia ben inzuppata, e la calce che rimane al di sotto possa fondersi e sciogliersi senza abbruciare, il che accadrebbe se non le si desse acqua in sufficiente quantità. Se si vedesse la sabbia aprirsi in qualche luogo, e dar passaggio al fumo, bisogna subito ricoprire le fessure.

Con questa preparazione la calce si cambierà, corso un tempo conveniente, in un pastone grasso tanto ed untuoso, che a mala pena si potrà cavarne la pialla, e produrrà una malta d'ottima qualità per la intonacatura dei muri e pei lavori di stucco.[...]

V'ha però un'eccellente qualità di calce che non si fonde, ed è quella di Metz e suoi dintorni, ov'è accaduto che alcuni i quali non ne avevano conosciuta la qualità, avendola fatta fondere in truogoli ben coperti di sabbia, trovarono l'anno seguente questa calce dura al par della pietra, e dove' rompersi col martello e adoperarsi come pietrame.

Per estinguere questa calce, la si copre di tutta la sabbia che deve entrar nella malta, e la si inaffia poscia a più riprese. Questa calce si estingue senza mandar fumo, e fa una sì buona malta che a Metz è adoperata in quasi tutti i sotterranei colla sola mistura di ghia-jetta; non v'entra ne pietra ne Calcina; e forma un mastice tanto duro, che quando ha fatto presa resiste ai più accuminati chiodi».

Qui ben si comprende allora quale sia la diversa natura della calce che il Palladio chiama 'nigra', che nei cantieri Veneti sostituisce la pozzolana degli antichi, poiché per le sue doti idrauliche può resistere all'acqua nelle fondazioni e alla pioggia sui muri più esposti.

Palladio la chiama anche 'Padoana' ed indica che si ricava dalle pietre scagliose dei Colli Euganei; benché io ne abbia trovata di ottima in molti altri luoghi delle regioni italiane.

Lo Scamozzi, fonte inesauribile di conoscenza dei luoghi di provenienza delle migliori pietre cavate per cuocere eccellenti calcine bianche, descrive anche taluni calcari forti, come pietre che «son molto gravi e pesanti, del color del gesso da sarto, cioè non molto bianche, e di natura fragili e vetrigne, con qualche suono e poco lustro».

È sorprendente scoprire che i molti calcari forti da me calcinati, presi dai luoghi descritti nella letteratura classica e nei documenti d'archivio, di fatto non mostrano colorazioni così evidenti come le valutazioni cromatiche tramandateci sembrano suggerire.

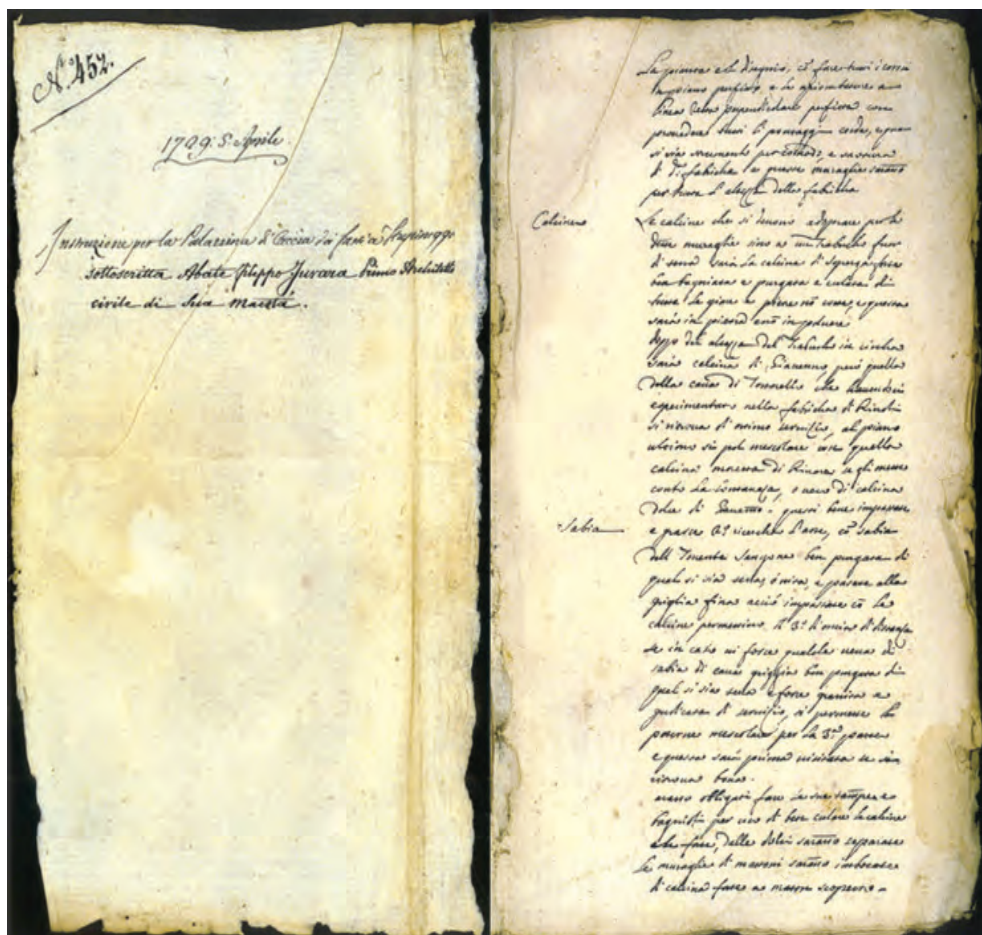
Una volta calcinate le marne originarie, dai colori foschi e confusi, i toni cromatici che queste assumono, allorché si riducono in polvere, sono ben lontani dall'essere ciò che vien descritto dagli autori del passato: '*nigra, moretta, bigia, berettina, livida*'. Credo che il termine 'non molto bianche' dello Scamozzi sia il giudizio più vicino alla realtà. Il colore delle calci idrauliche naturali, una volta calcinate, adoperate ed asciugate, vira dal giallastro pallido ad un debole nocciola rosato, ad eccezione dell'Albazzana, dove il tono rosato sembra leggermente più vivace.

Dopo quanto detto, dovrebbero esserci più chiare le esperienze dei restauratori del '500, i quali trovandosi a rifar gli stucchi con calci forti, su quelle murature che avevano subito l'oltraggio dell'umido, ebbero a lodarne la qualità e biasimarne il colore.

Il Cataneo, nel 1554, annota:

«Quando qualche parte della fabbrica nella qual si lavorasse di stucco, per causa di grotte, terreno o altro accidente sentisse humido, ovvero per li lavori delle fontane, sarà in tal caso molto a proposito, non solo murare l'ossa sotto di calcina Albazzana, ma ancora la prima coverta più grossa sopra tali ossa farla di stucco impastato con calce Albazzana, quando questa come habbiamo detto fa all'umido meravigliosa presa; ma per esser molto livida, si farà sopra quella la coverta di fuore di stucco impastato di calcina bianca».

Anche nei documenti d'Archivio degli Architetti Sabaudi e nelle loro capitolazioni ho trovato molti riferimenti circa le calci forti.



Il capitolato originale dell'abate F. Juvara per la Palazzina di caccia di Stupinigi

L'Abate Filippo Juvara, Primo Architetto civile di Sua Maestà, nelle istruzioni per la Palazzina di Caccia da farsi a Stupinigi, di suo pugno prescrive:

«Le calcine che si devono adoperare per le dette muraglie sino a un trabucho fuor di terra sarà la calcina di Superga forte, ben bagnata e purgata e curata di tutte le giare e pietre nò cotte, e questa sarà in pietra e nò in polvere».

Qui egli fa riferimento alla calcina forte di color nocciola chiaro di Superga dai caratteri di debole idraulicità. Ma in questo ed altri documenti si vedono prescrivere la moretta di Rivara, la bigia di Casale, la giallastra di Ponte Stura e quella di Lauriano tendente al verdino; tutte calcine magre dalle pallide colorazioni, ovvero calcari con qualche parte d'argilla, i quali, una volta calcinati, venivano dati 'in pietra' da spegnersi o 'in polvere' già spenta.

12. - *Del colore delle calcine idrauliche naturali*

Che la calce non sia mai stata sempre e solo bianca lo raccontano molti importanti ritrovamenti archeologici e molti scritti lasciatici da chi ci ha preceduto sin dai tempi più lontani; e che la calce, che serviva a scialbare le superfici dei tectorii che fasciavano gli *Opus Testaceum* o gli *Opus Mixtum* delle straordinarie strutture Romane, fosse solo bianca non v'è dubbio. Le dealbazioni, ovvero l'*Opus Albarium*, che serviva a preparare i fondi necessari a garantire che le pitture in affresco 'Udo Tectorio' mantenessero il colore originario delle ocre, non poteva che essere pura calce aerea *bianca, di fossa*, di lunga stagionatura.



Ma le calci ‘da muro’, che dovevano garantire tenacità e durezza nel tempo, non erano solo pure e semplici calci aeree ottenute dalla cottura di calcari presi dai fiumi o dalle montagne, esse erano calci temperate da ‘materie amiche’ come pozzolane, cocci pesto ed altre materie che conferivano ad esse la capacità di indurire anche in ambienti afflitti dall’umidità: persino sott’acqua.

In passato fu fatto largo uso anche di calci idrauliche, dai tenui color pastello, che per natura avevano la capacità di indurire sott’acqua anche in assenza di sabbie pozzolaniche. Queste calci, contrapposte alle calci dolci, bianche, si sono inaspettatamente ritrovate anche in siti archeologici di origine preistorica.

Il più antico *calcestruzzo*, scoperto sin ora, composto con calce idraulica dal colore naturale, sabbia e ghiaia, risale a circa 5600 anni a.C. ed è stato portato alla luce a Lepensky Vir, al nord della penisola balcanica, presso un luogo chiamato *Porte di Ferro*, durante uno scavo sulle rive del Danubio.

Il ‘getto’ fungeva da pavimento per un riparo di pescatori dell’Età della pietra. Il manufatto, di forma trapezoidale, spesso 25 cm, è composto con calce di color rossiccio. Ciò che rende ancor più sorprendente la scoperta è che, a quei tempi, il materiale preparato per la cottura della calce non fu colto sul luogo, ma fu portato da circa 300 km più a nord, risalendo il fiume, il luogo più vicino ove si potessero trovare carbonati marnosi idonei a produrre una calce a presa idraulica e non aerea, ideale per la formazione di quest’antico ‘calcestruzzo’ sulla riva del fiume. Ciò suggerisce che la scelta fra materiali, che dovevano dare leganti di natura diversa, dovesse essere una pratica cosciente ed antichissima.

Solo ‘recentemente’ sono giunte a noi informazioni dalla letteratura classica su ciò che è stato il colore delle calci usate in passato. Tali informazioni sono però poco indicative per poter ben comprendere quale doveva essere il colore dei leganti usati in antico.

Nel passato, in tutta Italia, la diversa denominazione dei calcari, impiegati come materiale da costruzione e soprattutto per la produzione della calce, variava principalmente in funzione delle caratteristiche morfologiche dei litotipi usati. Sin dal Rinascimento sono ricordati, per esempio, la ‘pietra d’Albettone’, il ‘sasso d’Albazzano’, il ‘sasso albano’, il ‘sasso coltellino’, ‘il sasso albarese’ ed il ‘sasso porcino’. In particolare, l’Albarese (o Alberina) era così chiamata per le piccole figure d’alberi che si vedono comunemente in questa sorta di pietra.

In ogni cantiere del passato, per la sua diffusione, il sasso ‘Albazzano’ corrispondeva alla pietra da calce per eccellenza. Esso veniva selezionato in base alla sua lavorabilità, la grana ed il colore, distinguendo eventualmente l’Albazzana per il colore più chiaro o più scuro che essa mostrava.

L'approvvigionamento del materiale avveniva preferibilmente in cava ed era affidato a maestranze specializzate; e la cottura della marna, raccolta nelle cave storiche, ed il successivo spegnimento, era invece condotto da esperti *Mastri da Calcina*.

L'attenzione posta nella scelta del calcare aveva come fine il controllo qualitativo della produzione e l'impiego differenziato dei tipi di calce ottenuta. Ricorre, infatti, frequentemente la distinzione fra 'calcina forte', impiegata prevalentemente nelle malte di allettamento murario e formazione degli intonaci, e 'calcina dolce', usata per il confezionamento dei tonachini e delle finiture.

L'esame della documentazione archivistica e della letteratura scientifica dei secoli XVII-XVIII, ha quindi evidenziato una notevole articolazione delle conoscenze empiriche nella scelta dei materiali per la preparazione della calce. In tutto il territorio nazionale, con il termine di 'sassi forti' sono stati tradizionalmente denominati tutti i calcari marnosi; così come nei medesimi luoghi le calci ottenute da queste marne venivano definite genericamente 'Albazzane'.

Formazioni geologiche a prevalenza calcareo-marnosa, che si estendono principalmente sul territorio settentrionale della nostra penisola e che rende tipica quest'area, sono state chiamate 'Albarese' e 'Albazzane'.

Obiettivo principale dell'indagine intrapresa nella nostra Scuola, sulle calci idrauliche naturali storiche, è stato quello di verificare, mediante metodologie analitiche oggettive, quanto riportato nella letteratura del passato sulle caratteristiche dei differenti tipi d'Albazzana e sulla proprietà delle calci ottenute. A questo scopo, i calcari e le marne studiate sono stati sottoposti a cottura per realizzare sperimentalmente campioni di calce così come descritto nei vari documenti e testi presi in esame.

Particolare attenzione è stata rivolta alle temperature di cottura, scelte in un intervallo compreso fra 750° e 950 °C, tenendo presente che la produzione della calce avveniva per calcinazione della pietra in fornaci a cottura intermittente, impiegando legname in fascine come combustibile.

Sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile differenziare le calci in relazione alle temperature di cottura ed ai principali parametri mineralogico-petrografici delle rocce di partenza. L'indagine, seppur empiricamente condotta, aveva come scopo di far finalmente chiarezza sull'interpretazione dei valori cromatici delle calci poste in esame e le connotazioni lessicali che ci sono pervenute dagli scritti classici. Già sapevamo che il colore delle calci idrauliche naturali, una volta calcinate, estinte, lavorate ed asciugate, vira dal giallastro pallido ed un debole noccia rosato. Volevamo capire se il colore iniziale delle marne crude potesse in qualche modo preludere al colore della calce ottenuta.

Armati di muffola si è potuto dar principio ad una sistematica indagine sulle marne storiche.

Il campionamento delle pietre da calce è stato effettuato in cave sfruttate sino al recente passato, abbandonate e dismesse, che si trovano sparse nelle zone iscritte nelle aree storiche di approvvigionamento.

Per quest'indagine si sono colti, nei luoghi storici, 6 campioni di marna: la *Casale*, la *Superga* (pietra di Gæssino), la *Lauriano* e la *Ponte Stura*, citate nei manoscritti dello Juvara; l'*Albazzana* descritta dal Cataneo e dal Branca; infine l'*Albettone* menzionata dal Palladio e dallo Scamozzi.

I 6 campioni di pietra prelevati sono stati uniformemente franti e ridotti ad un'unica granulometria di 2 cm circa. I campioni sono stati quindi sottoposti a cicli di cottura costanti in muffola, della durata di 24 ore ciascuno. Nel forno si sono simulate temperature di cottura raggiungibili con il tradizionale combustibile costituito da fascine di legna. La temperatura iniziale della massa, pari a 750 °C, è stata successivamente e progressivamente innalzata a 800, 850, 900 e 950 °C.

La completa trasformazione del carbonato di calcio (CaCO_3) in ossido di calcio (CaO) è stata controllata mediante diffrattometria ai raggi X. Al termine di ogni ciclo di cottura, il materiale, che immerso in acqua non si scioglieva completamente, è stato sottoposto a nuova cottura a temperatura più elevata.

I provini di calce sono stati preparati spegnendo l'ossido di calcio con pari volume d'acqua, ottenendo, quindi, degli impasti di calce calda.

La quantità d'acqua si è dimostrata sufficiente ad idratare il materiale, realizzando degli impasti lavorabili, ma non fluidi. I medesimi provini di calce sono stati quindi esposti all'aria, a temperatura ambiente, per 60 giorni. L'avvenuta carbonatazione dei provini è stata ulteriormente controllata con una nuova diffrattometria ai raggi X. Nessuna carica è stata aggregata ai leganti con lo scopo di evitare di perdere il naturale tono cromatico dei provini essiccati e carbonatati.

Altri 6 campioni di marna Albazzana, sono stati calcinati nel modo in cui si è detto sopra, però successivamente spenti con una quantità d'acqua strettamente necessaria per idratarli e farli cadere in polvere.

Durante la cottura delle 'Albazzane' si rileva che a temperature comprese tra 100 e 600 °C vi è la perdita dell'acqua di umidità e buona parte dell'acqua di combinazione dell'argilla. A partire da 600 °C circa, vi sono reazioni chimiche allo stato solido tra CaCO_3 ed i costituenti dell'argilla (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) con formazione di vari alluminati, silicati e ferri, con sviluppo di CO_2 .

A temperature tra 800 e 900 °C, si ha la decomposizione termica del CaCO_3 restante in CaO e CO_2 ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$) e quindi la formazione di altri alluminati e silicati.

I principali componenti delle calci cotte a 950 °C sono: ossido di calcio (CaO); silicato bicalcico (2CaO SiO_2); e alluminato tricalcico ($3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$), assieme a minori quantità di composti secondari. Il silicato bicalcico e l'alluminato tricalcico, detti anche idrauliti, sono prodotti idraulicamente attivi, ovvero hanno la capacità di fare presa anche sott'acqua.

La temperatura di cottura dei provini di marna Albazzana, è stata scelta anche in base al contenuto di argilla ed alla tessitura del sasso di partenza. La temperatura, infatti, ha molta influenza sulle caratteristiche meccaniche dei provini finiti. Nonostante le relativamente alte temperature favoriscano la formazione di composti idraulicamente attivi (Alluminati e Silicati), le calci idrauliche naturali migliori sono quelle cotte a temperature più basse. Ciò sembra doversi attribuire al fatto che i composti calcinati a più bassa temperatura sono più porosi e meglio si lasciano estinguere evitando alterazioni degli idrauliti. Inoltre, va osservato che nei prodotti cotti a temperatura moderata (massimo 900°-1000 °C) i costituenti dei minerali delle argille originarie (SiO_2 , Al_2O_3) non trasformati in alluminati e silicati durante la cottura, hanno la capacità di reagire con la calce durante una più lunga fase d'indurimento formando composti dotati di proprietà idrauliche. Per contro, una più elevata temperatura di cottura della marna conferisce al legante caratteristiche di presa più energiche: più alta è la temperatura di cottura (1200-1250 °C) e più corto è il tempo di presa.

Va notato però che i prodotti ottenuti alle suddette temperature non possono essere annoverati fra i prodotti definiti 'calce', ma piuttosto, come già detto in precedenza, essi devono essere definiti 'cementini' o 'cementi romani'.

Ciò che costituisce oggetto di sorpresa, è che i calcari marnosi presi in esame, che all'aspetto si mostrano fra il liscio ed il rugoso, e che sulla superficie di taglio fresco appaiono di un colore che vira dal nocciola chiaro con patine ocracee al biancastro-azzurrognolo, una volta calcinati e spenti, mostrano toni cromatici del tutto inaspettati.

Le calci idrauliche naturali in polvere virano dal gialliccio spento-opaco al nocciola rosato; dal bigio al bigio-nocciola; dal bigio scuro al nocciola-rossastro; dal nocciola-ocra al nocciolino chiaro, similmente a quanto si è potuto verificare dall'indagine cromatica già condotta sulle originarie calci Juvariane impiegate nell'architettura sabauda.

Pertanto si conclude notando che, né la frazione argillosa contenuta nelle Albazzane, né il rapporto nella terna (Allumina, Silice, Ferro), che compone l'argilla medesima, può far predire il colore delle marne cotte e le malte con esse preparate. Ciò fa sicuramente ritenere che in passato, solo la specifica conoscenza dei siti di approvvigionamento delle materie prime e la tradizione, fossero gli elementi che determinavano gli esiti estetici derivanti dal colore delle calci usate.

Si evince altresì, che il termine ‘livida Albazzana’, che si trova sovente in letteratura o nella documentazione d’archivio, non può essere sempre riferito effettivamente a calci ottenute dalla calcinazione da calcari marnosi provenienti dalle cave d’Albizzano; sicuramente in passato era così chiamata ogni calce, non perfettamente bianca, ottenuta da ‘sasso forte’ di qualsiasi provenienza, purché avesse caratteristiche di presa idraulica come osservato per le originarie *Albazzane*.



Il Branca ed il Cataneo, pur operando in luoghi ben distanti tra loro ed entrambi lontani dalle cave d’Albizzano, definiscono *Albazzane* le loro calci «che all’acqua e al fuoco parimenti resistono», consci però che la loro materia era stata preparata con pietre colte in siti certamente estranei alle pendici appenniniche del parmense.

Non mi stupirebbe se un giorno dovessi sentir chiamare *Albazzana* la medesima calcina forte, ritrovata in luoghi non discosti da Enna, in Sicilia, che i locali chiamano *Nivura*.

13. - Delle malte pozzolaniche

Importante:

Quando dovete scegliere un legante idraulico, garantitevi che questo sia:

- calcinato a bassa temperatura (1000 °C circa);
- calce idraulica naturale (silicato bicalcico (BC_2S));
- libero da solfati (SO_3);
- libero da clinker (C_3S).

Ogni altra dichiarazione è insufficiente ai fini di poter operare una scelta adeguata, che vi metta al riparo da sgradite sorprese.



Se è vero che il Delorme, il Palladio, lo Scamozzi e tanti altri, hanno scritto delle loro conoscenze sulle calcine che fanno presa anche sott'acqua, è pur anche vero che Vitruvio, nel primo secolo a.C., già preparava malte in modo che dovessero comportarsi alla medesima maniera.

E le sue malte ben sono servite a costruire fabbriche, ponti, porti, acquedotti, terme ed altro si volesse costruire là dov'era l'acqua; e quanto s'è fatto a quel tempo, ancor oggi si lascia ammirare.

«Avvi ancora un'altra specie di polvere che fa naturalmente effetti meravigliosi. Si trova essa ne' contorni di Baja, e ne' territorj de' municipj che son intorno al Vesuvio; la quale mescolata con Calcina e pietre, reca fermezza non solo ad ogni specie di fabbriche, ma particolarmente assoda quelle moli che si fanno in mare sott'acqua».

Così Vitruvio Pollione si riferisce alla pozzolana nel suo prezioso *De Architectura* - Libro II, Capo VI (trad. Carlo Amati, 1629). La così detta pozzolana è un tufo incoerente di origine vulcanica assai ricca di Silicati Idrati di Alluminio come si trova nel Lazio e nella Campania.

Ottime pozzolane si trovano in quel di Bàcoli presso Pozzuoli nel Napoletano; ma le migliori in assoluto sono quelle che si cavano nell'Isola di Santorino, nel Mar Egeo.

In vero, per pozzolana s'intende qualsiasi materia che possa produrre effetti pozzolanici, ovvero quelle materie che unite alla calce ed all'acqua reagiscono, creando tra loro un legame di carattere idraulico. Si possono trovare ottime pozzolane in quelle sabbie citate dal Vitruvio come fra i Trass tedeschi, che sono il più tipico tufo pozzolanico sin dai tempi dei Romani, parimenti al tufo giallo Napoletano ed i tufi della regione vulcanica del Lazio; ma si può osservare una buona attività pozzolanica anche in alcuni materiali che hanno acquistato tale carattere a causa di particolari effetti termici che hanno trasformato la loro primitiva natura.

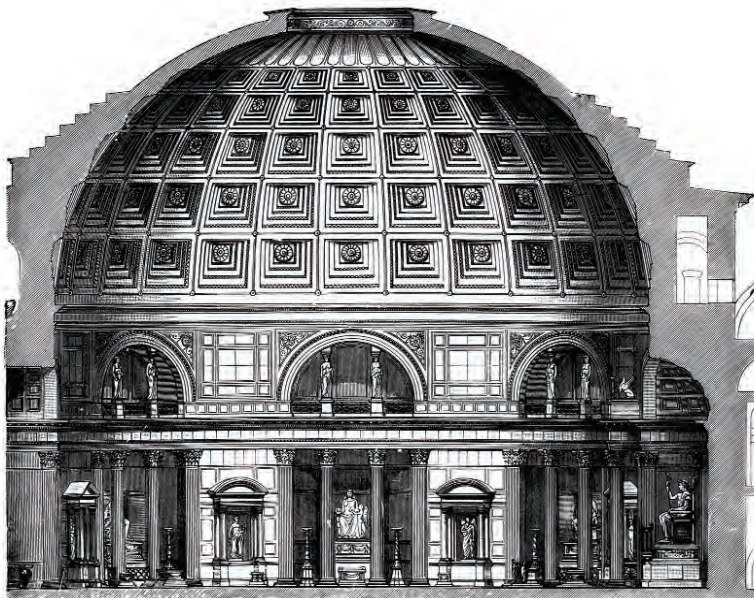
Citerò, ad esempio fra questi, i cascami della fusione di alcuni metalli i quali raffreddandosi repentinamente si riducono in granuli che, finemente frantumati, mostrano d'essere un'eccellente pozzolana. Su tale materia il padovano Viola Zanini nel 1629 scriveva: «Molto durabile riesce anco la scolatura del ferro, che son gocce che cadono nel fuoco a modo di liquida cera mentre il ferro bolle, le quali ammassate insieme si convertono in pietra che Marogna si chiama, e questa minutamente pesta a modo di terrazzo e mescolata con la calce fa la smaltatura molto forte e dura».

Anche i materiali argillosi cotti a temperature comprese fra i 600 ed i 900 °C, macinati in polvere, dato il loro contenuto di silicati, mostrano un'apprezzabile attività pozzolanica; e questo materiale altro non è che la risulta della macinazione di vecchi mattoni, coppi, tegoli e qualsiasi altro scarto di materiale fittile che sia stato cotto a bassa temperatura, ovverosia quel che tutti chiamano *Cocciopesto*; e tale è il materiale più comune, più economico e più anticamente usato per preparare malte dalla presa idraulica.

14. - La pozzolana

L'opera di ingegneria più prestigiosa dell'antichità è il Pantheon a Roma. Su questo stupefacente monumento, dedicato a tutte le divinità, insiste una volta monolitica a cupola, in calcestruzzo alleggerito, il cui diametro raggiunge l'incredibile luce di 43,3 metri.

Prima che tale opera fosse eretta, nessuno aveva mai osato pensare di progettare una struttura di tale ardimento. Né la maestosa cupola di Hagia Sophia (33 metri circa), né la cupola di San Pietro (circa 42 metri), nonostante la loro imponenza, non superano il genio di chi progettò la cupola del Pantheon. Solo ai nostri tempi è stato possibile sorpassare tanto impeto architettonico e solo grazie alla tecnica costruttiva del calcestruzzo armato. Come arrivarono i Romani a realizzare opere così prestigiose?



Il Pantheon

Fu l'uso dell'*Opus Caementitium* (anche: *opus caementicium*), che permise tanta bellezza. La forma dell'elemento da costruire veniva ottenuta mediante una cassaforma costruita in pietre opportunamente posate oppure formata da tavole e travi di legno; gli aggregati venivano accuratamente e prolungatamente mescolati alla malta e con l'indurimento del legante e la sua maturazione, si otteneva un conglomerato assai resistente alla compressione; la cassaforma di legno veniva quindi allontanata, come si fa tutt'oggi, per essere eventualmente riutilizzata. Il termine *Opus Caementitium* indica sia la tecnica, che la qualità del manufatto; la locuzione può essere pertanto tradotta come 'costruzione in calcestruzzo' o più genericamente 'calcestruzzo romano' (v. anche 'materia saracinesca' in Procopio di Cesarea, *Bellum Gothicum*).

Originariamente la tecnica di preparazione del calcestruzzo romano si sviluppò per contenere gli aggravi di spesa e per offrire soluzioni più spedite per la costruzione delle mura delle città, dei granai, delle conserve d'acqua, delle strutture portuali, degli acquedotti ed altro. A partire dalla metà del primo secolo dopo Cristo, col raffinarsi della tecnica dell'*Opus Caementitium*, abili architetti inventarono nuove strategie progettuali, nel momento in cui impiegarono tale materiale per la costruzione di volte e cupole.

È sorprendente scoprire come gli ingegneri romani avessero già sperimentato anche il principio del moderno cemento armato.

In un ipocausto, che veniva, come di consueto, fornito d'acqua calda attraverso le condutture, la cosa più rilevante consiste nel fatto che nella copertura di una di queste canalizzazioni, realizzate in *Opus Caementitium*, gli archeologi hanno rinvenuto armature di rinforzo in ferro annegate nel conglomerato. Si sono anche ritrovate armature in ferro intrecciate a forma di rete nelle coperture dell'*Herculaneum* e delle terme di Traiano a Roma.

Sono state condotte indagini sulla resistenza meccanica di questo materiale, indagando su provini provenienti da strutture storiche romane di tutta Europa, prelevati da manufatti appartenenti alle più ricorrenti tipologie costruttive, quali murature e pareti, fondazioni di colonne, volte di copertura, conserve d'acqua e le condutture. I risultati rilevati dall'indagine conducono ad una sorprendente conclusione: i valori di resistenza alla compressione dei vari *Opus Caementitium* sono compresi tra circa 50 e 400 Kg/cm². Essi, pertanto, si sovrappongono, in ordine di grandezza, ai valori di resistenza di un calcestruzzo dei nostri tempi. Ma ciò che stupisce maggiormente è che la scelta della granulometria degli inerti avveniva in modo scrupoloso secondo criteri analoghi ai nostri. Dalla ricostruzione di due originarie curve granulometriche si evince come queste potrebbero perfettamente soddisfare anche le attuali prescrizioni normative.

Il minerale di partenza per la preparazione di un *Opus Caementitium* è sostanzialmente analogo a quello impiegato oggi per la produzione del cemento e della calce grassa. Alla calce ed agli aggregati, venivano aggiunti composti pozzolanici come il tufo vulcanico e la sabbia ottenuta dalla frantumazione dei mattoni cotti (cocciopesto). Il calcestruzzo veniva gettato a strati: e la reiterata battitura e costipazione del materiale consentiva una uniforme trasmissione del carico alla struttura, e per effetto della eguale aderenza tra gli strati, ottenuta dalla compattazione, si otteneva un manufatto d'un solo corpo, con proprietà paragonabili a quelle della pietra.

Si può affermare che la tecnica della preparazione dell'*Opus Caementitium* abbia svolto un ruolo fondamentale per la stabilità secolare dell'Impero Romano; e la durabilità di queste opere, che possiamo ancora ammirare, sono tuttora una testimonianza di rara capacità costruttiva. Più che l'oltraggio del tempo fu l'uomo ad infierire: gli antichi monumenti, si sa, sono sempre stati privilegiate cave di pietra per il nuovo fare. Ma ciò che rimane di estremamente prezioso degli *opus caementitium*, e che fu oggetto di studio per molti ricercatori dell'800, è il sapiente uso che i Romani seppero fare della pozzolana.

È sufficiente ricordare che dal 1740 al 1760, il Soprintendente alle acque ed ai fiumi della Repubblica di Venezia, Bernardino Mandrini, progettò e condusse i lavori iniziali di quella faraonica opera di difesa della città lagunare, chiamata 'i murazzi'. La barriera di macigni, ancor oggi esistente, fu completata al ritmo di 80 pertiche (160 metri circa) all'anno, murando i conci subacquei con malta di calce e pozzolana. Il Mandrini morì nel 1747 senza vedere l'opera compiuta.

Sulle pozzolane: La storia

In natura esistono materiali (pozzolane, Santorino, trass, gaize) i quali contengono silice e allumina nelle stesse condizioni nelle quali esse si vengono a trovare nei calcari marnosi dopo la cottura, per cui questi prodotti naturali, quando vengono mescolati ed impastati con idrossido di calcio, costituiscono delle malte idrauliche.

L'impiego di questi materiali naturali, risale alle epoche più remote; è assodato infatti, che la terra vulcanica nell'isola di Santorino fosse già usata VII secolo a.C. per rendere resistenti all'acqua le malte di calce destinate a rivestimenti di cisterne; anche gli Etruschi già conoscevano le proprietà di simili terre, che essi usavano per costruzioni subacquee.

Questi materiali assunsero però uno sviluppo notevole nelle strutture marine soltanto in epoca successiva per opera dei Romani, i quali consolidarono tale tecnica con la ripetuta pratica della preparazione delle malte idrauliche, ed il diffuso impiego delle pozzolane nell'area napoletana e nelle zone vulcaniche laziali. È proprio dalla località in cui erano situate le prime cave sfruttate dai Romani, nelle vicinanze di Pozzuoli, che deriva l'antico nome 'pulvis puteolanus', e da ciò la denominazione italiana di 'pozzolana'.

Vitruvio, nel suo aureo 'De Architectura', dà notizia dei giacimenti di pozzolana di Napoli, situata «nei dintorni di Baja e nei dintorni de' municipi che sono al Vesuvio» e descrive le proprietà idrauliche conferite da questi materiali alle malte, nelle quali essi entrano in miscela con calce e pietrisco: «mescolata a calce e pietra fa gagliarda non solo ogni specie di costruzione, ma particolarmente quelle che si fanno in mare, divengono per esse solide sostanze».

Nella stessa opera, al Cap. XII del libro V, Vitruvio accenna ancora alle pozzolane flegree, che si trovano «da Cuma al Tempio di Minerva», indicando le proporzioni da usarsi tra pozzolana e calce: proporzioni che fissa in tre parti di pozzolana ed una di calce, che è il rapporto usato ancor oggi. Dà infine indicazioni sul modo di preparare la miscela tra malte e pietrisco per formare il calcestruzzo, il quale era costituito da grossi pezzi di pietra immersi nella malta pozzolanica.

I resti di numerose opere subacquee di grande mole sono giunti fino a noi a testimoniare il grado veramente elevato raggiunto dalla tecnica costruttiva romana; possiamo citare tra quelle più importanti i ponti Fabricio, Elio, Milvo ed i lavori portuali di Ostia; il molo di Traiano a Civitavecchia ed il porto di Nerone ad Anzio, che dopo circa venti secoli di immersione in acque fluviali e marine, conservano ancora un'ottima resistenza meccanica.

Queste malte idrauliche, a base di pozzolane e consimili, furono le sole impiegate fino alla fine del secolo XVIII ed il principio del XIX, e nonostante il rapido sviluppo odierno della produzione dei moderni cementi, esse conservano ancor oggi tutto il loro valore e la loro stupefacente forza, specialmente nelle costruzioni marine.

Sulle pozzolane: La scienza

Le pozzolane sono ceneri o deiezioni vulcaniche, modificate dall'azione del tempo e dagli agenti atmosferici: Esse sono composte di silice, allumina, ossido di ferro, calce, magnesio, potassa, soda ed altri elementi in quantità molto ridotte; si tratta cioè di silicati multipli più o meno basici.

Circa il processo di formazione, ovvero circa la cosiddetta genesi delle pozzolane, i pare-ri sono discordi: secondo Michaelis (1899) la parte attiva del trass sarebbe il prodotto di decomposizione di minerali che hanno subito l'azione dell'acqua ricca di anidride carbonica e di vapor d'acqua surriscaldato.

Secondo G. Gallo (1908-1909), invece, le pozzolane devono derivare da materiali asportati dalle eruzioni vulcaniche da strati geologici profondi, di composizione essenzialmente argillosa, materiali che durante l'eruzione devono aver subito una calcinazione sufficiente per determinare una disidratazione chimica profonda della massa, senza però che sia stata portata completamente allo stato di fusione, come è avvenuto per le parti cristalline. Una volta deposte, intervennero allora per lunghi secoli, ad agire su questi materiali, gli agenti atmosferici che hanno determinato una lenta e progressiva modificazione della silice e dell'allumina, già allo stato libero; modificazione che consiste essenzialmente in un'intima idratazione delle singole particelle, per cui il contatto con la calce le trovano in condizioni opportune per dal luogo ai fenomeni che determinano la presa idraulica.

A tal proposito vi è da aggiungere che secondo Parravano e Caglioti (1937), la parte attiva delle pozzolane sarebbe un aerogel avente la natura di un silicagel disseccato e risultante dalla polverizzazione del magma in fusione, sotto l'azione dell'aria e del vapor d'acqua surriscaldato.

Valutazione dell'attività pozzolanica

Fu il summenzionato Prof. G. Gallo che per primo pensò di applicare il microscopio polarizzatore allo studio delle pozzolane e di seguire al microscopio, per circa un anno, il fenomeno della presa idraulica delle medesime poste a contatto con l'idrossido di calcio.

Si è potuto così rilevare che le varie pozzolane constano di elementi cristallini vari, come augite, mica, leucite, sanidino, frammenti di scorie, ed altro. Unitamente a questi elementi, che non prendono parte al fenomeno della presa delle malte, si trova una massa granulosa ed amorfa, tanto più reattiva, quanto più questa è presente in abbondanza nella pozzolana. Tale massa ha la proprietà di rigonfiarsi fortemente per azione della calce, dando luogo ad una notevole flocculazione gelatinosa, che è indizio della reattività idraulica.

Si è così potuto constatare che in un primo tempo i fiocchi gelatinosi della pozzolana, intersecandosi in tutti i sensi, davano luogo ad una massa compatta ed impermeabile entro la quale, dopo circa due mesi, si andavano depositando dei cristallini esagonali; questi, all'analisi, risultarono costituiti di alluminato di calcio idrato, che evidentemente precipita dalla soluzione sovrasatura in presenza di un eccesso di calce, la cui formula grezza è:



Dall'insieme di queste ricerche si può concludere che la parte granulosa ed amorfa delle pozzolane, che è la parte effettivamente attiva, sia costituita da silice ed allumina in condizioni tali da poter reagire con la calce, formando un gel entro il quale si depositano cristallini che ne determinano l'indurimento, mentre alla superficie si forma uno strato resistente di CaCO_3 .

Da mandare a memoria

Per quanto attiene al rapporto ideale fra calce e pozzolana, bisogna conoscere sia il titolo dell'idrato di calcio, sia l'indice di pozzolanicità della pozzolana (indice di Chapelle). L'indice di Chapelle determina la quantità di milligrammi, di idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, che si combinano con 1000 grammi dello specifico associato pozzolanico in esame, all'atto dell'idratazione.

Ponendo in mistione una ponderata quantità di idrato di calcio, dal titolo conosciuto, con una polvere pozzolanica di finezza media conosciuta, si possono comporre impasti estremamente equilibrati che non mostrano né eccesso di pozzolana, né quantità rilevanti di calce libera, ottenendo in tal modo i migliori risultati in termini di resistenza alla compressione e resistenza all'aggressione chimica.

Sulle pozzolane artificiali

Nelle regioni mancanti di pozzolane naturali o comunque di materiali a carattere pozzolanico, si è cercato, da un secolo a questa parte, di produrre pozzolane artificiali. Il tipo più diffuso, nell'uso comune di questi materiali artificiali a comportamento pozzolanico, è quello che si ottiene con adatte torrefazioni delle argille.

Sopra gli 800 °C la massa proveniente dalla cottura dell'argilla risulta formata da silice amorfa (derivata dal caolino), silice cristallina, allumina, e quando siano presenti, anche da alcali CaO , MgO , Fe_2O_3 , ecc.

A temperature superiori i diversi ossidi cominciano a combinarsi con la silice, formando dei silicati complessi: l'allumina fornisce mullite, ossia $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$, mentre gli altri ossidi formano silicati che a temperature più elevate fondono, dando una massa vetrosa che incorpora i cristalli di mullite.

Argille di costituzione differente danno luogo a prodotti con proprietà tecniche diverse. Infatti, un'argilla a prevalente costituzione caolinica perde acqua a partire da 450 °C; la disidratazione si completa poi verso i 600-700 °C con una contemporanea completa ricostruzione del reticolo cristallino.

Diverso è il comportamento di una argilla montmorillonitica (bentonite). Il gruppo della montmorillonite è caratterizzato dal diverso stato di combinazione dell'acqua contenuta, di cui una buona parte, a differenza del caolino, è legata labilmente al reticolo e viene eliminata a bassa temperatura (tra 50 e 200 °C), senza che il reticolo subisca sensibili variazioni. Questo diverso stato di aggregazione influisce sensibilmente sulla reazione, con la calce, dei materiali argillosi stessi, e li differenzia quindi tra loro, per quanto riguarda l'ottenimento di pozzolane artificiali reattive. Si ammette che nella caolinite il riscaldamento al di sopra di 550 °C mette in libertà, allo stato di estrema suddivisione, silice ed allumina, che possono reagire col grassello di calce formando silicati ed alluminati di calcio idrato.

Come fece notare il Santarelli (1942), i materiali costituiti da montmorillonite si comportano in modo diverso dai primi, perché possono fissare della calce allo stato naturale; ed una volta torrefatti a 700 °C, ed impastati con acqua, forniscono malte con notevole resistenza meccanica. Comportamento pozzolanico presentano anche alcune qualità di silice amorfa, provenienti dal disfacimento di rocce trachitiche per azione dell'acqua o di gas acidi, e la silice residua della lavorazione delle leuciti. (La Leucite è un metasilicato di potassio e alluminio, incolore o biancastro $(\text{KAl/SiO}_3)_2$. Peso specifico 2.5. In forma lamellare si trova frequentemente come costituente di molte rocce eruttive. Dalla leucite si estrae la potassa). Analogo comportamento hanno le farine fossili, costituite com'è noto, da scheletri di diatomee e formati da silice idrata con elevata superficie specifica.

Il tufo

Roccia, in genere non molto compatta, derivata dalla cementazione di materiali piroclastici, cioè prodotti detritici espulsi in aria da crateri vulcanici. Tali materiali piroclastici sono di diretta origine magmatica, ma poiché la loro deposizione avviene da mezzi fluidi naturali come l'aria o l'acqua, le rocce che ne derivano sono considerate sedimentarie. Tolto infatti il primo stadio, l'alterazione, i materiali piroclastici subiscono tutti gli altri stadi del processo sedimentario, come il trasporto, ad opera dei venti, la sedimentazione, direttamente dall'aria o successivamente in ambiente marino, e la diagenesi, soprattutto per compattazione e cementazione, prima di trasformare in una più o meno coerente.

I proiettili vulcanici hanno dimensioni molto variabili e sono stati così classificati: bombe e blocchi sopra i 32 mm di diametro; lapilli fra 4 e 32 mm; e ceneri sotto i 4 mm.

Come per le comuni rocce clastiche, anche per quelle piroclastiche si usa distinguere le rocce a prevalente materiale grossolano da quelle più fini. Le prime si possono ulteriormente suddividere in agglomerati e breccie vulcaniche secondo l'arrotondamento dei costituenti; negli agglomerati l'arrotondamento è elevato perché si tratta di bombe solidificate durante il trasporto aereo, mentre le breccie mostrano un arrotondamento minore perché formate da blocchi già solidi al momento dell'esplosione.

I tufi propriamente detti sono il corrispondente delle arenarie e consistono in ceneri e lapilli più o meno cementati. Come nelle arenarie i costituenti possono essere frammenti di roccia (lave contemporanee o precedenti all'esplosione, oppure rocce di altra origine) o granuli di minerali singoli (piroclastici o meno), ma inoltre si possono avere, e sono talvolta in prevalenza, frammenti vetrosi, cioè di lava non cristallizzata. Proprio questa frazione vetrosa, molto instabile, è suscettibile di devettrificazione con conseguente formazione di materiale cristallino, spesso argilloso a tipo montmorillonitico.

La composizione dei tufi è evidentemente diversa a seconda della natura del magma originario: si avranno così tufi riolitici, trachitici, basaltici, etc., identificabili da frammenti di lava e dai minerali eventualmente presenti.

In Italia si hanno vastissimi affioramenti tufacei: le località sono evidentemente in relazione agli apparati vulcanici progenitori. Così la massima estensione si ha nel Lazio, attorno agli antichi vulcani (oggi altrettanti laghi) di Bolsena, Vico, Bracciano ed Albano.

In Campania attorno a Roccamonfina, al Vesuvio e nei Campi Flegrei. Minori estensioni si registrano in Lucania, attorno al Vulture, in Sicilia, nei Monti Iblei e nella Sardegna Nord-occidentale.

Da mandare a memoria

La pozzolana è solo pozzolana di Pozzuoli?

Per ‘pozzolana’ s’intende qualsiasi materiale che riveli attività pozzolanica; e per attività pozzolanica s’intende quel complesso di fenomeni reattivi che in tempi ragionevoli, a temperatura e pressione ordinaria, trasformano gli impasti di calce $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, ‘pozzolana’ ed acqua, in un materiale compatto, di aspetto e caratteristiche lapidee, attraverso fenomeni di presa ed indurimento propriamente idraulici. Tutte le ‘pozzolane’ (sia naturali che artificiali) possiedono un elevato tenore di silicato idrato (SiO_2), idraulicamente attivo, e sono in prevalenza costituite da componenti a struttura vetrosa o amorfa. L’esistenza di queste strutture non costituisce tuttavia una condizione necessaria per il manifestarsi di proprietà pozzolaniche, poiché esistono altre pozzolane, quali i tufi ricchi di minerali zeolitici, che presentano una diversa struttura prevalentemente cristallina.

Le caratteristiche fondamentali delle ‘pozzolane’ sono due:

- a) capacità di reagire con l’idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$;
- b) capacità di formare prodotti con proprietà leganti.

Le pozzolane possono essere *naturali* o *artificiali*

Pozzolane naturali. Tra queste le più comuni sono di origine vulcanica (rocce trachitiche, piroclastiche). Coerenti (materiali compatti come i tufi (conglomerati v. trass), ed incoerenti.

Ai materiali incoerenti appartengono le tipiche pozzolane italiane provenienti dalle regioni della Campania e del Lazio e la cosiddetta terra di Santorino, che è un tufo poco coerente, ma con il più alto contenuto di silicato idrato attivo (69%).

Tra i materiali compatti ci sono i trass tedeschi (il più tipico tufo pozzolanico) conosciuti ed utilizzati per le loro qualità pozzolaniche sin dai tempi dei Romani, il tufo giallo Napoletano e i tufi della regione vulcanica del Lazio. Tutti questi hanno matrice zeolitica.

Pozzolane artificiali. Sono materiali che hanno acquistato un carattere pozzolanico per effetto di opportuni trattamenti termici che hanno trasformato la loro primitiva natura.

a) *Le Argille*. I minerali argillosi, cotti a temperature comprese fra i 600 e i 900 °C, e macinati alla finezza della sabbia, mostrano una netta attività pozzolanica. Data la loro origine queste pozzolane sono costituite essenzialmente da silice e allumina.

b) *Ceneri volanti*. Le ceneri volanti sono costituite dalle ceneri, finemente suddivise, prodotte nella combustione di carbone polverizzato in impianti termoelettrici, raccolte mediante collettori meccanici. Per effetto dell'alta temperatura, che si raggiunge nella combustione istantanea del carbone, la parte minerale contenuta in esso, per la massima parte fonde e dà luogo a minute goccioline di massa fusa che nel successivo brusco raffreddamento si trasformano in particelle vetrose.

c) *Altri materiali*. Vi sono alcuni materiali che contengono quantità variabili d'argilla; questi materiali possiedono un'apprezzabile attività pozzolanica; però, sottoponendoli ad un trattamento termico, si migliorano le caratteristiche pozzolaniche poiché si decompone e si rende attiva anche la frazione argillosa.

La composizione delle pozzolane varia, specie per quelle naturali, da pozzolana a pozzolana. Comunque, mediamente, la loro composizione è la seguente:

SiO ₂	45 - 52%
Al ₂ O ₃	15 - 23%
Fe ₂ O ₃	6 - 12%
CaO	3 - 9%
MgO	1 - 4%
NaO+K ₂ O	3 - 13%

Le proprietà idrauliche di una pozzolana si misurano determinando la sua reattività con la calce. In base a ciò le pozzolane vengono classificate in energiche e deboli. Le pozzolane energiche presentano proprietà idrauliche più spiccate, induriscono e danno prodotti a maggiore resistenza meccanica. Questa spiccata attitudine a reagire con la calce dipende non tanto dalla composizione chimica delle pozzolane, quanto dalla loro struttura.

Calci idrauliche artificiali siderurgiche

Se in luogo della pozzolana si addiziona alla calce aerea la scoria d'alto forno, in appropriato rapporto di miscela, si può ottenere un legante idraulico dalle caratteristiche meccaniche prossime a quelle delle calci eminentemente idrauliche, avente resistenza chimica uguale alla calce idraulica pozzolanica. Le scorie (o loppe basiche) d'alto forno rappresentano un sottoprodotto importante nella produzione della ghisa. Esse sono costituite essenzialmente di silice, allumina e ossido di ferro. La composizione chimica delle loppe è molto variabile. Mediamente è:

CaO	43 - 50%
SiO ₂	26 - 32%
Al ₂ O ₃	12 - 20%
MgO	4 - 6%

All'uscita dall'alto forno la loppa viene granulata, cioè temprata per brusco raffreddamento in acqua e resa granulare, con grani da 1 a 5 mm circa. La loppa basica granulata d'alto forno è di per sé stessa un legante idraulico. Le sue proprietà idrauliche devono però essere attivate dall'aggiunta, anche piccola, di una sostanza alcalina, ad esempio l'idrossido di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, che produce un avviamento dell'idratazione della loppa.

Si fa notare la differenza tra la pozzolana e la loppa basica granulata d'alto forno: la prima non è legante di per sé stessa, ma forma un legante se mescolato alla calce; per contro, la loppa d'alto forno è un vero e proprio legante idraulico, in quanto capace d'indurire da sola allorché impastata con acqua, purché siano risvegliate le sue proprietà idrauliche con un opportuno attivante.

Gli impieghi delle calci idrauliche sono in genere limitati alla preparazione di malte in sostituzione di quelle aeree, quando sono richieste resistenze più elevate, o in presenza di mura umide, o malte profonde in ambiente asfittico.

Il loro indurimento è in parte dovuto alla formazione di carbonato di calcio per carbonatazione dell'idrato $[\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}]$, e in parte all'idratazione dei silicati alluminati e ferriti di calcio presenti nella formazione dei geli, come vedremo più avanti.

Come detto sopra, si dicono naturali quelle pozzolane che si ricavano direttamente dai giacimenti che si rinvengono presso i vulcani; artificiali, invece, si dicono le altre che possono ottenere sottoponendo a torrefazione alcune sostanze che si prestano per acquistare proprietà idrauliche tipiche delle pozzolane.

Nella seguente tabella è indicata la composizione chimica di alcune pozzolane naturali (ed una artificiale) fra le più accreditate:

	silice				allumina		altro	inerti
Santorino (Mar Egeo)	69,2	18,2	2,2		9,8	0,4	-	
Bacoli (Napoli)	56,1	19,0	2,9	0,2	8,7	13,1	-	
Trass del Reno	46,3	20,7	2,3	1,0	5,6	15,5	8,6	
Roma (San Paolo)	40,0	14,8	8,2	2,0	12,0	15,0	8,0	
Basalto	44,5	16,8	9,5	-	20,0	4,2	5,0	
Argilla silicea torrefatta	65,5	22,4	-	-	10,4	1,7	-	

Il peso delle pozzolane varia secondo la loro provenienza e qualità; per le pozzolane naturali d'Italia si può ritenere oscillante fra i 1157 ed i 1228 Kg/m³. Il loro colore presenta varie gradazioni, potendo essere le pozzolane biancastre, nere, gialle, grigie, rossicce, brunastre e violette. Nei dintorni di Roma se ne trovano di bruno-rossicce e violette (Tivoli); quelle di Bacoli, presso Pozzuoli, sono bigie; a Torre Annunziata se ne trovano di piuttosto nere; tendenti al rosso quelle del Monte Paternò in Sicilia e di bigio scuro - tendenti al fosco - se ne trovano sul Monterosso.

Si è sempre ingiustamente supposto che la qualità delle pozzolane è tanto migliore, quanto più intenso ne è il colore; se così fosse, sarebbero da ritenersi migliori quelle di Roma (S.Paolo) ed in ordine decrescente quelle di Bacoli, di Torre Annunziata e di Monte Paternò. Ma così non è. Ciò che rende le pozzolane di miglior qualità delle altre è essenzialmente la più alta percentuale di silice in esse contenuta, a dispetto della più o meno brillante colorazione della materia. Di fatto, la Santorino, pur avendo una colorazione nerastra tutt'altro che accattivante, ha una reattività pozzolanica con l'idrato di calce, che non ha eguali al mondo.

Oltre le qualità sopraccennate di pozzolana, si usano come pozzolane alcune arene silicee che possiedono in piccola quantità la proprietà pozzolanica, se sono impiegate allo stato naturale, e che acquistano un discreto grado di pozzolanicità, allorché vengono leggermente torrefatte. Di queste arene pozzolaniche se ne hanno depositi presso Brest e nella Bassa Bretagna.

A tal proposito, a qualche esperto sorge il dubbio che taluni tonachini, composti semplicemente da calce grassa e sabbia fina silicea, posti in opera dal grande Andrea Palladio, e che all'indagine risultano molto più tenaci di altri suoi manufatti coevi composti con polvere di marmo, siano in effetti tonachini di sabbia silicea torrefatta nelle vetrerie di Murano, laddove l'Architetto trovava alcune materie pei suoi lavori. Per certo si sa che un Maestro vetraio, amico del Palladio, fornisce a quest'ultimo le povere di vetro ('granzolo fin') per preparare i marmorini con cui tonacare le colonne della Rotonda in Vicenza. Da altre fonti si evince che la pozzolana di Santorino fu pure usata su vasta scala nella costruzione delle fondazioni dei palazzi veneziani e di Trieste, ed i trass della valle del Reno, ridotti in polvere e vagliati, sono stati largamente usati (e lo sono tuttora) come pozzolane in Germania.

Buone pozzolane artificiali si possono ottenere calcinando le argille allo stato di polvere e la qualità delle pozzolane che se ne ottengono dipende essenzialmente e direttamente dalla frazione di silice contenuta nelle terre argillose e dal grado della loro cottura.

Talvolta si trova conveniente calcinare l'argilla in povere mescolata con quantità di calce spenta ridotta anch'essa in polvere: un miscuglio di 1 a 3 parti di calce con 7 a 9 parti d'argilla, convenientemente mescolato e calcinato, dà una buona calce dalle virtù pozzolaniche.

I laterizi cotti e frantumati si prestano pure per la preparazione di malte pozzolaniche artificiali, la loro composizione essendo identica a quella delle pozzolane vulcaniche. La sostanza che si ottiene riducendo in polvere i laterizi è conosciuta con il nome di cocciopesto, il quale può essere di qualità grossa e fina a seconda dello staccio che si fa attraversare. La miglior qualità di cocciopesto è quella che proviene dai laterizi mediamente cotti, epperò meglio si prestano, per la preparazione del cocciopesto, le tegole ed in generale i laterizi aventi piccolo spessore, come tutti quelli che dimostrano un più uniforme grado di cottura.

Il basalto, che è una roccia vulcanica dura, sottoposto a cottura e quindi frantumato in polvere, dà pure una buona pozzolana artificiale. Vicat annota che, oltre ai basalti, anche i grès ferruginosi, egualmente trattati, danno materie dalle sensibili proprietà pozzolaniche; la bontà di questi surrogati non può però sorpassare l'energia connaturata delle pozzolane naturali.

Anche le ceneri di carbon fossile o vegetale impastato con la calcina, grassa o magra che sia, rendono la malta leggermente idraulica; ciò spiega peraltro come i residui dei forni da calce (cenere con frantumi di calce viva) impastati con acqua si comportano come le malte idrauliche. Nelle zone del Magreb del Nord-Africa ed in tutto il bacino mediterraneo orientale, ancora s'usa impastare alla calce con parte della cenere del combustibile che è servito a calcinarla.

Sulla malta pozzolanica

Quando si vuol ottenere un legante idraulico, per confezionare malta da muratura, si addiziona pozzolana naturale (o artificiale) al grassello, nelle seguenti proporzioni:

una parte di grassello per quattro parti di pozzolana.

Per la calce che deve servire per far malta da intonaco, conviene ridurre il tenore di pozzolana e attenersi al rapporto:

un volume di grassello e tre di pozzolana.

Se si parte da calce idrata in polvere il dosaggio diventa:

100 Kg di calce idrata per 1 m³ di pozzolana, per malte da muratura;

150 Kg della medesima calce idrata in polvere per 1 m³ di pozzolana, per malte da intonaco.

15. - *Il Cocciopesto: 'materia amica'*

Racconta Plinio il Vecchio (I sec. d.C.), che Caio Proculeio, che godeva della familiarità di Cesare Augusto, si diede la morte bevendo una soluzione di gesso, perché afflitto da una dolorosissima ulcera duodenale. La farmacopea dell'epoca insegnava ben altri rimedi, però: la sostanza usata in medicina era la calce, non il gesso. L'errore fu fatale all'ignaro Proculeio, a meno che non si pensi che abbia voluto compiere l'insano gesto di proposito; in tal caso si suppone che anch'egli ben conoscesse, sin d'allora, la differenza fra un legante aereo ed uno idraulico.

Ancora dal Plinio si impara che a quei tempi la calce veniva usata diffusamente per la preparazione di pomate, cataplasmi ed unguenti. La calce, si ricorda, veniva usata quand'era ancor giovane e viva; essa serviva a bruciare, dissolvere estrarre ed arrestare ogni inizio di ulcera serpigginosa. Amalgamata con aceto ed olio di rose, oppure applicata con cera, ancor mista ad olio di rose, essa portava ogni piaga a cicatrizzare. Si insegnava inoltre, che mesticata con resina liquida, o con grasso di suino e miele, essa guarisse ogni sorta di lussazione e gonfiore. È incredibile come gli stessi impasti venissero anche suggeriti per la preparazione delle malte per formare gli intonaci destinati alla protezione dei muri degli edifici. L'Arte del tonacatore, infatti, prevedeva che il mastice si dovesse preparare con calce fresca; essa si doveva spegnere in un mucchio con del vino e, per ammorbidirla, vi veniva aggiunto del grasso di maiale e fichi, veniva poi, a lungo e diligentemente, ben battuta con 'baculus' e mazzeranghe. Così preparata, si dice, la malta diventava la cosa più tenace in assoluto, da superare ogni pietra in durezza. La regola voleva che si dovessero bagnare con olio i supporti murari sui quali venivano poi spalmati siffatti mastici. Quest'intonaci, che venivano preparati secondo le regole più rigide degli artieri dell'epoca, venivano modificati con piccole varianti, che erano distintive di questo o quello stuccatore chiamato all'opera. A tal riguardo il Plinio ci tramanda un significativo esempio: egli racconta che in Elide vi fosse un tempio dedicato a Minerva, in cui il fratello di Fidia, Paneno, applicò ai muri un intonaco, che egli stesso aveva preparato, aggiungendo al mastice del latte e della polvere di croco. Si dice che gli increduli, anche dopo lungo tempo dall'applicazione, venissero invitati ad inumidirsi di saliva il pollice e toccare l'Opus Albarium per provare la delicatezza del sapore ed il profumo dello zafferano. A prescindere dalle modificazioni locali e dalle varianti artistiche dei singoli, i mastici preparati con l'intento di far loro sopportare l'oltraggio del tempo, e soprattutto il tormento dell'acqua, derivano tutti dall'antico uso dei mastici inventati per tonacare le superfici interne delle cisterne per l'approvvigionamento idrico.

La loro funzione e la conoscenza della loro preparazione risale probabilmente ai periodi in cui si costruirono i primi depositi d'acqua; il perfezionamento di tale pratica ha dato nei secoli un carattere di uniformità a tutta la cultura del costruire di tutti i popoli civilizzati, con modi, gesti e conoscenze da sempre tramandate e ripetute. I lacerti di spessi strati di Opus Signinum, che ricoprono l'interno delle cisterne del periodo di Salomone, in Israele, e le pesanti tonacature di cocciopesto, dell'abate Mattia, sembrano composte ed applicate alla medesima maniera.



Esempio di Sagramatura

L'abate Carlo Mattia, contemporaneo dello Scamozzi, appartenente al terzo ordine di San Francesco, nel secondo decennio del 600, nel suo 'Trattato di Architettura', disquisisce diffusamente «delli smalti over terazi tanto al coperto quanto al scoperto». L'esperienza dell'Abate Mattia, peraltro, molto somiglia alle prescrizioni dell'architetto Francesco di Giorgio Martini, il quale prevedeva che le malte dei terrazzati fossero «ben diffregate con lardo ed olio sicondo si richiede», con il preciso scopo di impermeabilizzarle.

I nostri antichi predecessori sembra avessero una chiara idea sul concetto di 'affinità' fra le materie.

Tale concetto, ampiamente disquisito sui manuali ottocenteschi, derivava dalla consapevolezza della benefica interazione e l'influenza positiva fra materie vicine o messe in mistione. «La calce diventa migliore di tempo in tempo e più perfetta, e però mista con materie amiche, come i granzioli di coppo pesto o di scagli o simiglianti, hallora fa una presa grandissima nelle mura e particolarmente negl'intonaci». Così lo Scamozzi definisce le due materie, calce e cocciopesto, 'materie amiche'. Mettere assieme calce e cocciopesto significa conferire alle malte, composte con questi due materiali, un carattere di idraulicità che altrimenti non si avrebbe usando le comuni sabbie in luogo del cocciopesto. Tra le due materie vi è infatti un'affinità chimica piuttosto che meccanica, ed è, peraltro, la stessa affinità che il materiale fitile, che costituisce le murature, ha con le malte di calce. L'affinità con le malte è quel requisito importante delle pietre e delle sabbie per cui esse aderiscono ai leganti cementanti. Due cause influiscono su questa proprietà, per cui l'affinità può essere solamente 'meccanica' o anche 'chimica'. L'affinità con le malte in parte è dovuta al fatto che queste, per la loro natura pastosa, nella composizione delle strutture murali, occupano tutti gli interstizi e le rugosità delle pietre, contro le quali la malta viene compressa. L'insieme di tutti questi piccoli incastri costituisce l'*affinità meccanica*, la quale in generale non è forte.

Alcune malte, specialmente quelle composte con calce di buona qualità e ottima sabbia, poste a contatto con le pietre, aderiscono non solo meccanicamente, ma anche chimicamente, combinandosi con alcuni elementi delle pietre (silice, allumina, ossidi di ferro, ecc.), per cui, all'atto del loro indurimento, si può dire che la malta formi un corpo unico e continuo con le pietre; quest'aderenza costituisce l'*affinità chimica*, la quale può anche essere maggiore della coesione della malta stessa. Il distacco di due pietre cementate, infatti, non avviene mai di netto: le pietre disgiunte portano sempre con sé l'impronta delle malte. Conseguentemente nell'affinità meccanica influisce la struttura delle pietre e il grado di lavorazione delle loro facce.

Le pietre grezze e cavernose sono quelle che meglio aderiscono alle malte. Sull'affinità chimica influisce la composizione delle rocce. Ordinariamente le rocce silicee e le silicate reagiscono con la calce delle malte più che le carbonate e le solfate.

Queste nozioni venivano sfruttate dagli artigiani del passato specialmente nella preparazione delle malte di cocchiopesto. Non vi è dubbio che l'uso delle malte signine non era solo un surrogato delle malte pozzolaniche, dove quest'ultima materia fosse carente. I romani facevano frequentemente convivere, nelle loro ardite strutture murarie, malte di calce e pozzolana con intonaci di calce e cocchiopesto.



In molti è invalsa l'errata convinzione che gli intonaci di cocchiopesto siano impermeabili: di fatto gli intonaci di cocchiopesto sono più permeabili all'acqua di quanto non lo siano i paramenti di mattoni sui quali essi stessi sono stesi. Gli intonaci di calce e cocchiopesto servivano (e servono) per omogeneizzare la superficie dei supporti sottostanti, ovvero dovevano fungere da estensione della muratura stessa con uno strato monolitico senza soluzione di continuità. Su questa spessa crosta, poi, veniva steso lo strato di malta resa impermeabile in virtù della presenza degli oli, o consimili sostanze, in essa mescolato. È vero invece, che le malte signine, una volta essiccate, per affinità chimica, diventano con la muratura *tutto un solido*. L'idrossido di calcio che costituisce il legante $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, ovvero la calce aerea, reagisce con i silico-alluminati ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) contenuti nella mondiglia costituita dai mattoni frantumati ridotti in sabbia, innescando un processo pozzolanico a presa idraulica. Tanto più porosi saranno i mattoni franti, tanto più alta sarà la superficie di scambio di detta reazione. Se ne deduce pertanto che il cocchiopesto più reattivo sia ottenuto da mattoni cotti a relativamente più bassa temperatura, in quanto più porosi. Analogamente, per la stessa ragione, la calce che costituisce la malta, reagisce con i componenti idraulicamente attivi del materiale fittile che struttura il supporto, legando con essa per affinità chimica. La presa idraulica col supporto sarà tanto più radicata, quanto più profondamente la calce potrà essere fatta penetrare nelle porosità dei mattoni a contatto con la malta. L'antica regola insegnata, per far penetrare la calce nei più profondi meandri e le porosità dei mattoni, consisteva nel bagnare fino a saturazione il muro, in modo che la calce, ad esso sovrapposta, veicolasse il più possibile radicatamente all'interno del cotto per reagire idraulicamente con gli strati più intimi della materia. Da ciò la ragione della reiterata battitura delle malte fresche. Battere la malta significava anche spingere i granuli di calce all'interno delle porosità, vuotando queste dall'acqua contenuta. Su questa pratica chiosano i progettisti di tutti i tempi e ne fanno espresso riferimento nelle loro capitolazioni. Lo Juvara, per esempio, con esasperato puntiglio esige che i suoi mastri tuffino i mattoni in un *cebro* d'acqua prima di servirsene. Il minuzioso Viola Zanini raccomanda: «Devono anco le muraglie esser ben bagnate fino a tanto che gettandovi l'acqua vadi a basso senza fermarsi sopra il muro, lasciando nel bagnar qualche volta impassire il muro, e se posta ancor l'orechia al muro, finito di bagnare, non si senta rumor di friggere, darà segno di essere bagnato a sufficienza».

In passato la tradizione ha sempre insegnato che astenersi dal bagnar il muro e lesinar sull'acqua avrebbe potuto recar danno alle calcine, come parimenti s'avrebbero avuti danni se, nel mescolar le malte, di questa se ne fosse messa troppa, poiché la troppa acqua negli impasti avrebbe tenuto lontane le particelle di calce che, alla fine, mal avrebbero legato in una troppo debole presa.

Per esser sicuri che l'acqua nella malta degl'intonaci non fosse troppa, né troppo poca, la regola prescriveva che si dovessero bagnare bene le murature e si dovessero impastare le malte con tutta l'acqua che serviva a renderla pastosa e lavorabile. Quando l'intonaco era stato ben steso in strati sottili tirati a cazzuola, si voleva che questo fosse ben battuto col frattazzo a mo' di *baculus*, in guisa tale che le sabbie ed il cocciopesto venissero ben costipati nelle vacuità createsi dall'eventuale eccesso d'acqua. Così facendo si sarebbe veduto affiorare sull'intonaco quell'indesiderato eccesso d'acqua che andava allontanato, liscian-do la superficie con la cazzuola, per poi lasciar la malta ben impassire all'aria. Si è spesso affermato che gli intonaci battuti sono i più resistenti perché la calce ben pressata fa ottima presa avvolgendo sodamente le sabbie ed i granuli di cocciopesto in essa cementate. Nel caso del cocciopesto, però, dire che la calce avvolga sodamente il granulo di mattone frantumato, è improprio, si dovrebbe più precisamente parlare di compenetrazione della calce nelle sabbie di cocciopesto attraverso le loro molte porosità. Dall'analisi comparativa al SEM (Microscopio Elettronico a Scansione), fra diversi campioni di conglomerati di calce e cocciopesto, si evince che i manufatti più antichi, che si presentano più compatti e costipati, da un'accurata opera di battitura, hanno un più profondo radicamento della calce all'interno dei clasti d'argilla torrefatta, con una conseguente più alta presenza di elementi idraulici. In alcuni casi i clasti più fini sembrano totalmente dissolti nella calce, ed il manufatto si presenta come fosse 'tutto un solido'. La ragione per cui alcuni manufatti di calce e cocciopesto riproposti oggidì non danno gli stessi risultati d'un tempo risiede proprio nel tralasciare alcune regole imprescindibili: nel passato la materia prima veniva sicuramente ottenuta dalla frantumazione di vecchi tegoli e mattoni cotti in modo tradizionale, a bassa temperatura; le malte, preparate con buona calce, come abbiamo già detto, venivano ben assodate durante la loro stesura.

Oggi, a prescindere dalla dimenticata pratica della bagnatura dei muri e la battitura degl'intonaci freschi, non sempre si ha la possibilità di disporre di mondiglie di mattoni originali, e, se si vogliono preparare impasti di malta signina, si deve talvolta ricorrere all'uso di moderni mattoni trafilati, e perciò assolutamente poco porosi, o mattoni ottenuti da argille cotte a temperature relativamente troppo alte. La delusione a cui taluni operatori vanno incontro, e che li induce talvolta a inopinati apporti di legante cementizio, deriva proprio da ciò: i materiali argillosi cotti ad alta temperatura, purtroppo non sono di alcuna utilità per provocare effetti pozzolanici nelle malte.

È infatti risaputo, che solo i mattoni cotti a temperature attorno ai 900 °C possono avere una buona attività pozzolanica, che consiste, come s'è detto, nel fissare l'idrato di calcio, costituito dalle calce grasse spente, dando luogo ad un fenomeno di indurimento dalle caratteristiche peculiarmente *idrauliche* e non propriamente aeree; ciò è dovuto essenzialmente alla presenza dei silicati solubili ed alluminati che costituiscono la materia di ogni argilla che sia stata calcinata alla succitata temperatura. Vien poi riconosciuto, similmente a quanto avviene per le malte pozzolaniche, che il processo di presa della malta di cocciopesto, inteso come 'indurimento', si compie in tempi molto lunghi, anzi lunghissimi.

A tal proposito riflettasi come, nel nucleo di taluni Opus Caementitium romani, vecchi di duemila anni, le calcine stanno ancora reagendo colle pozzolane ed il cocciopesto in essi cementate; ed il tempo di presa, così straordinariamente lungo, che non dà segno di voler trovar fine, da un canto consente grandi deformazioni plastiche a tutto vantaggio della stabilità delle fabbriche, dall'altro permette la continua trasformazione delle materie idraulicamente attive, le quali continuano a rassodare e rafforzare ancor più i manufatti col passar dei secoli. Da ciò si può concludere che le malte composte di calce e cocciopesto, o qual altra materia dalle virtù pozzolaniche, debbano migliorar col tempo.

Da mandare a memoria

Quando la reazione fra calce e silico-alluminati del cocciopesto ('testa tunsam') è giunta a termine, la malta si dice 'morta'. Dopo la totale formazione di idrosilicati di calcio (CSH), allora si può affermare che la crosta dell'opera signina sia effettivamente impermeabile.

Un esempio

Voglio qui di seguito riportare un esempio di come le malte pozzolaniche, maturate ed indurite col tempo, resistono a qualsiasi aggressione.

Procopio di Cesarea, storico bizantino, nel suo *Bellum Gothicum* (ove celebra le battaglie di Giustino e Giustiniano contro i vandali ed i goti), ricordando l'assedio che Belisario condusse nel 539 sotto le mura di Auximum (Osimo), difesa dai goti che l'avean occupata, così racconta:

«Belisario vedendo che i nemici malgrado le loro strettezze tenevan fermo, tentò di volgere l'insidia all'acqua, nell'idea che fosse cosa più facile e spedita privarne i nemici. V'era infatti una fonte a settentrione di Osimo in un luogo dirupato a circa un tiro di pietra di distanza dalle mura, l'acqua della quale, assai scarsa, andava a cadere in un antico serbatoio che ivi trovavasi. Questo serbatoio, essendo riempito da quella piccola vena, facilmente permetteva a quelli di Osimo di attinger acqua.

Intanto Belisario fece andare al serbatoio cinque Isauri, periti nell'opera muraria, con asce ed altri utensili da rompere pietre, riparati da una quantità di scudi, con ordine di disfare ed abbattere sollecitamente quei muri a tutta possa.

I Romani, adunque, credevano che intanto gli Isauri avessero disfatto il serbatoio e compiuto tutta l'opera; ma quelli non erano stati in grado di staccarne neppure una pietruzza, poiché gli antichi artigiani che molto badavano a farsi onore colle loro opere, aveano fatta quella costruzione per modo da non cedere né al tempo, né alla ingiuria dell'uomo; e così gli Isauri senza aver nulla compiuto, visto che ebbero i Romani padroni del luogo, uscirono dal serbatoio e tornaronsene al campo.

Belisario quindi ordinò ai soldati che gittassero nell'acqua i cadaveri degli animali ed erbe nocive per gli uomini, e gittarvi pure e spegnervi assai pietra infuocata e ridotta a calce ('asbestos' come ora si dice, già un tempo dicevasi 'titanos'). Coloro così fecero».

Orbene, l'età dell'edificio (Fonte Magna) e l'*Opus Caementitium* che la struttura, definito 'materia saracinesca', non è determinabile: certo deve essere molto remota, dal momento che Procopio, che scrive nel VI sec. d.C., ne parla già come di struttura molto antica; nessun attendibile valore cronologico può aver la locale tradizione, che, come si è detto, ne attribuisce la costruzione a Pompeo, e sulla cui scorta sarebbe necessario pensare che la fontana fosse in piedi già nella prima metà del I sec. a.C..

Sugli spessi strati di malta di cocciopesto, con cui si rivestivano l'interno delle cisterne, i romani applicavano un *Opus Marmoratum* temperato con oli ed altre materie organiche, steso a più strati e levigato alla perfezione. Quando l'intonaco si era perfettamente asciugato, su di esso veniva soffregato altro olio e grasso animale. Anche nella stesura delle croste superficiali, come avveniva durante l'applicazione delle malte sottostanti, la materia veniva violentemente e ripetutamente battuta al fine di far penetrare nelle porosità dell'intonaco la calce dell'opera marmorata; e la prolungata lisciatura procurata dagli attrezzi con lame di metallo, sugli intonaci che assumevano l'aspetto e la consistenza petrigna, faceva sì che le sabbie scagliose, che si trovavano sulla superficie di questi, si disponessero tutte di piatto, le une accanto alle altre, come le squame d'un pesce, rendendo l'opera rifinita straordinariamente resistente al contatto.

Chi volesse rendersi conto di quanto vado affermando, tocchi con mano gli intonaci dei Bagni di Scolastica nell'antica Efeso, in Anatolia; l'*Opus Signinum* (malta di cocciopesto) di quegli intonaci è spesso un palmo (7.5 cm) ed è rifinito con una crosta marmorata spessa un *digitus* (1.8 cm); in quel luogo si potrà facilmente notare che quelle invidiabili tonacature sono ancora tenacemente abbarbicate ai *bessales* dell'*Opus Mixtum* sottostante, e ancora resistono superbamente alla rovina e all'abbandono da secoli.

Un altro bellissimo e peculiare esempio di tonacatura impermeabile si può ammirare alla Rocca dei Guidi di Modigliana (915-1376), presso Forlì. Scavi archeologici hanno portato alla luce un sorprendente impianto di captazione, filtraggio e contenimento dell'acqua piovana. La superficie interna delle tre cupole sovrapposte e del cilindro che le contiene, e che funge da filtro, sono tonacate con uno spesso strato di malta di cocciopesto e rifinite di uno stucco oleoso ancor di cocciopesto. Questa tecnica, che ricorda le affascinanti rifiniture sagramate, tipiche di quell'area, non si avvale dell'*Opus Marmoratum* superficiale. Ciò non toglie che il manufatto non sia stato, a suo tempo, trattato adeguatamente per ottenere che diventasse impenetrabile all'acqua.

Di fatto, un intonaco di cocciopesto, anche se ben battuto e assodato, ha una porosità superiore a qualsiasi altra crosta marmorata; ragione per cui questi manufatti sono molto più avidi d'olio di quanto non lo siano i comuni intonaci di calce e sabbia; anzi, queste materie sembrano non saziarsi mai, ed assorbono l'olio sino a farlo penetrare nelle loro più profonde ed intime vacuità, conferendo all'intero strato d'intonaco, una volta essiccato, uno straordinario potere di contenimento dei liquidi.

Nell'Ottocento, in un'era di massima curiosità, molti ricercatori ed industriali si adoperarono, con molto zelo, per riproporre, in chiave moderna, i mastici e gli smalti oleosi usati nel passato. In realtà questi mastici oleosi moderni, che volgarmente acquisivano il nome del neo industriale che li produceva, altro non erano che gli stessi impasti vitruviani additivati con sostanze che servivano a renderli più lavorabili e solleciti all'asciugamento. Il più comune, forse, già proposto alla fine del Settecento, era un composto di calce, polvere di mattone, sabbia silicea, litargirio ed olio di lino; tutte materie fin qui già discusse, tranne il litargirio. Il litargirio, limitatamente utilizzato in passato per la preparazione di stucchi oleosi per rappezzi, altro non è che ossido di piombo, ovvero una polvere cristallina, giallastra, pesante ed insolubile nei comuni solventi.

Francesco Martini, per esempio, con l'intento di voler sigillare crepe e cavillature negli intonaci già formati, all'interno delle cisterne, prescrive che «colla cazzuola ogni giorno si vada diffregando con morca d'olio o lardo per infin tanto vedrai che l'acqua rendi. Se alcuno stucco per serrare alcun pelo o cretto, che in fonti, cisterne o in altre conserve fusse, pigliasi vernice liquida, calcina viva, litargirio, polvere di solfo e mastice».

Il litargirio, solubile all'acido nitrico, come il minio e la cerussa, veniva aggiunto agli impasti col proposito di ispessire e render essiccanti gli oli. Ben più semplici ed innocui i comuni mastici antichi.

Il *Qadad* dello Yemen, applicato nelle mura della diga di Marib, da sempre è stato composto di calce bianca, granuli pesti di lava e di basalto, grassi vegetali ed oli (la provenienza dei quali ognuno tiene segreta), bianco d'uovo, e - qualcuno dice - anche cervella di bovino.

Il *Tabbì* della Numidia, per antica tradizione è ottenuto dalla mescolanza di calce grassa, sabbia silicea, cenere di legna e la feccia dell'olio estratto da una tipica bacca locale detta *Argan*: questi impasti vengono ancor oggi rimastati battendoli con lunghe mazzeranghe, per giorni, senza intermissione; e quando la materia si presenta pastosa e compatta, viene stesa sulle pareti di mattoni crudi, per conferire a queste la massima impermeabilità e robustezza.

Le tubature in terracotta, usate in era vitruviana, per comporre le condotte d'acqua, venivano accuratamente sigillate con malta di calce e cocchiopesto resa impermeabile mesticando l'impasto con feccia d'olio.

L'autore dei *Dieci Libri* si mostrò molto diffidente nei confronti delle canalizzazioni di piombo, che accusava d'avvelenare l'acqua, paragonando questo metallo alla cerussa (ossia un carbonato di piombo) utilizzata all'epoca come pigmento bianco e che si rilevava essere effettivamente un potente veleno.

Per contro, all'inizio dell'Ottocento, si è voluto dare una prorompente dimostrazione di come l'ingegno umano potesse dominare la materia, al punto da poter, come dice il Vicat con preoccupante modernità «sopravanzare le regole naturali a piacimento», introducendo indiscriminatamente, nel processo produttivo, quelle materie che i nostri antenati avrebbero senza dubbio bandito, perché consapevoli che la cultura, la tradizione e la pratica consolidate da millenni di esperienza, non avrebbero mai potuto considerare quelle sostanze 'materie amiche'.

Della posa della malta di Cocciopesto

Va rammentato a tutti coloro che s'apprestano a rifare gli intonaci di calce su vecchi muri stonacati, che a nulla vale bagnare i mattoni con l'intento di ben far aderire i nuovi arriciati.

La sola operazione di scianatura delle vecchie croste d'intonaco è cosa insufficiente: infatti, le malte di calce originarie, allorché furono applicate, sono penetrate profondamente nei pori dei mattoni intonacati, occludendone le vacuità con particelle di calce, la qual calce ha reagito idraulicamente con le materie attive che costituiscono i mattoni stessi, ovvero: $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$.

Se si vuol ottenere lo stesso effetto di adesione 'chimica', e non 'meccanica', dei nuovi intonaci di calce sui mattoni, sarà opportuno rimuovere le materie occludenti mediante energiche spazzolature, getti d'acqua, o delicate sabbiature, affinché le muraglie, successivamente bagnate, possano riaccogliere, nei loro pori vuoti, l'acqua e la calce delle nuove malte; solo così si sarà certi che l'opera di intonacatura provocherà i medesimi fenomeni di adesione per reazione idraulica, che le precedenti malte causarono, ai tempi in cui i primi intonaci furono posti.

Nel dubbio, se si vorrà aver certezza che gl'intonaci di cocciopesto, che si ripropongono, non debbano in alcun modo patire dello stato dei muri all'atto di porli in opera, sarà cosa saggia il cambiare la calce grassa con la mescolanza di due sorte di calce dalla differente natura: ovvero si dovranno mescolare assieme la calce grassa ed una ponderata quantità di pozzolana fina, energica e reattiva. Le malte così preparate fanno presta presa anche su quei muri che trattengono l'umidità e che danno segno di non volersi asciugare mai.

Gli intonaci di cocciopesto così preparati e posti in opera, ben battuti con le mazzuole, aderiranno indissolubilmente ai muri e sopravvivranno indenni sino alle più tarde età.

Non è raro infatti ritrovare, sulle facciate dei nostri palazzi, che gli arricci marmorati, totalmente distrutti dalle ingiurie del tempo, hanno lasciato a nudo resistentissime ed integre intonacature di cocciopesto.

I ricercatori dei primi dell'800 hanno puntigliosamente ma invano cercato di svelare il segreto delle malte romane, tentando di scoprire la misteriosa materia che le rendeva così tenaci e flessibili.

Oggi l'arcano è sciolto. L'ingrediente che provocava, e che ancor oggi provoca tanto stupore, è un elemento che non può assolutamente essere dominato dall'uomo, ma dall'uomo è subito: il tempo.

Ecco perché non s'insiste mai troppo nel difendere i terrazzetti di cocciopesto dalla picca degli stonicatori: la sbrigativa opera di ripristino delle malte di calce e 'cocciopesto' non compensano minimamente le qualità e le caratteristiche di ciò che si è abbattuto.

Calci grasse comuni, calci forti, calci idraulicizzate con cocciopesto, pozzolana, marogna, ecc. sono tutte materie che evidenziano le loro virtù in processi naturali che abbisognano di tempi, che alla nostra osservazione di uomini moderni, appaiono lunghissimi. Come potrebbero le nostre menti moderne e frettolose accettare che sia 'il tempo' il più importante degli ingredienti delle nostre ricette? Solo un secolo fa, l'Architetto Giacomo Boni, nel suo 'Venezia Imbellettata, 1885', già presagiva gli infausti e perniciosi effetti che la 'bigia innovazione' avrebbe portato nella sua bella città. I primi biechi tentativi di simulare i vecchi intonaci di tegoli pesti, con un intruglio di Portland e ossido di ferro, che all'illuso artigiano avrebbe dovuto far sparagnare tempo e denaro, devono aver lasciato inorridito il sensibile architetto, sino ad indurlo ad affermare che 'quel marciume steso a cazzuola, di color fragola guasta o papavero sbiadito', non avrebbe mai potuto competere in bellezza e solidità con l'intonaco di calce e tegole peste, dal bel color rosso gotico veneziano: liscio, ma non lucido, che acquista col tempo sfumature brune bellissime. Eppoi, a coloro che antepongono i nuovi cementi per la loro forza, v'è anche da dire che quest'intonaci antichi sono così tenaci, che per scrostarli, a colpi di picca, occorre più tempo di quanto non ne impieghino quelli moderni a cader da soli.

Parlando della lavorazione del cocciopesto non si può, però, tralasciare una delle più peculiari pratiche di finitura superficiale che in passato hanno mirabilmente sfruttano le caratteristiche della reazione di presa idraulica fra calce e polvere di mattone: la *sagramatura*.

16. - Della sagramatura

La *sagramatura* consiste nella levigatura della superficie muraria ottenuta in modo da creare un sottilissimo tonachino (talvolta dello spessore di un solo decimo di millimetro) a copertura dei mattoni sui muri esterni. L'effetto finale è la formazione d'uno strato coprente, color del cocciopesto, in modo che l'*Opus testaceum* perda ogni suo disegno di apparecchiatura, benché, specialmente quando la parete sagramata è umida o bagnata, traspaia l'ordito sottostante. Sull'applicazione della sagramatura sembra non vi sia una tecnica comune. La più praticata, pare, sia quella più dettagliatamente descritta nei manuali dell'Ottocento: «Nelle fabbriche che di continuo sono esposte alle intemperie delle stagioni e all'eccessivo caldo o freddo, la miglior pratica che si possa usare per l'intonaco, è la così detta 'sagramatura', ma questa non si può diligentemente eseguire che nei muri costruiti con nuovi mattoni».

Nota di Bottega

Lo *stucco alla cappuccina* consiste in una rasatura di un impasto di 40 parti di calce in pasta e 60 parti di polvere (in volume) impalpabile di cocciopesto ben cernita. Lo stucco va applicato col taglio della cazzuola o la spatola quadra, come un comune marmorino, su un terrazzetto di malta di cocciopesto grossolano. Una variante prevede che lo stucco possa essere rafforzato usando calce forte dal colore naturale; all'impasto si può aggiungere una punta di Bruno di Marte per normalizzare il colore dello stucco essiccato.

Lo stucco alla cappuccina andrebbe sempre protetto con abbondanti pennellate di olio o cera.

Storicamente, per *stucco alla cappuccina*, si intende un qualsiasi tonachino liscio (ma non lucido) applicato direttamente sulla cortina muraria, senza la preventiva stesura dell'intonaco di fondo. Caratteristica peculiare di quest'ultima versione è l'imperfetta planarità dell'opera, sulla quale traspare l'incerto ordito della sottostante cortina di mattoni.

Diversamente, qualora lo stucco fosse composto di calce grassa e polvere di bianco carbonato e la superficie fosse tirata a dritto, lisciata e lucidata con sapone o cera, in tal caso l'opera sarebbe detta 'marmorina'.

La marmorina viene formata da più strati: la granulometria dei quali va dalla più grossolana alla più fina col passare da strato in strato. Una marmorina, a lavoro finito, raggiunge lo spessore di 1 - 1,5 cm; uno stucco alla cappuccina si riduce più economicamente a 1 - 2 mm, in due passate: ecco la ragione per cui vien detto 'alla cappuccina'.

Come voleva l'Alberti, dopo aver eretto il muro a perfezione, con mattoni 'ripresati' o 'rotati' fatti cuocere espressamente, alla superficie si applicava «fior di calce mescolato con polvere di mattoni ben fina», poi, con forza, la superficie veniva sfregata con un mattone stracotto, mantenendo il muro sempre ben bagnato, per ben rimestare la maltina e costiparla nelle porosità della cortina muraria.

Il lavoro di sagramatura continuava senza intermissione «in modo da potersi contare tutti i mattoni che compongono il muro»; la superficie veniva quindi passata col taglio rovescio della cazzuola ben affilata, affinché si potesse portare il tutto ad «una certa levigatura e lustro»; infine, allo scopo di rendere la superficie idrorepellente, quando il paramento era ben asciutto, alla sagramatura venivano passate due gagliarde mani di olio cotto.

A tal proposito, c'è da osservare che non tutti gli operatori chiamati all'opera di sagramatura, avevano a disposizione cortine murarie elevate con mattoni nuovi preparati in fornace per una così sofisticata e faticosissima pratica. Spesso il muro era già esistente e non del tutto adeguato a ricevere un siffatto trattamento: in quel caso i mastri rabboccavano il muro con una malta di cocciopesto di grana medio-fina e la fratonavano per ben riempire ogni vacuo superficiale delle malte d'allettamento originarie e portare a planarità i mattoni più rugosi; la superficie, così trattata, veniva lasciata asciugare e poi abbondantemente ribagnata.

Su di essa veniva posta una copertura più sottile d'un intonaco, ma leggermente più spesso di una sagramatura originaria. La malta usata veniva 'preconfezionata' con calce di fossa ben stagionata e polvere di cocchio pesto passata al crivello.

Quando il tonachino era ben fermo e non ancora asciutto, veniva energicamente lisciato col taglio rovescio della cazzuola sino a ridurlo a perfetta levigatezza. Il risultato era tale da «nascondere il disegno nitido della trama dei mattoni, cosicché la superficie appare continua come una unitaria campitura rosata». Questo modo di tonacare i mattoni, con un tonachino liscio, dicesi 'alla cappuccina'.

Vi sono documenti d'archivio che raccontano di tonachini alla cappuccina tinteggiati di rosso, in modo che superfici «soffrenade & apennellate & fate rosse, parano murade de prede nove» (1449).

Benché ancor nell'Ottocento vi fossero manuali che insegnassero sull'applicazione canonica della sagramatura, questa tecnica veniva in realtà quasi regolarmente compiuta 'alla cappuccina'; e se «la compattezza e l'uniformità del colore dato dalla sagramatura» veniva a mancare, si poteva guazzare il tonachino con «acqua colorata e terre coloranti» per guadagnare in «uguaglianza e freschezza».

§ 1. - *'Opus Incertum' (pietra), 'Latericium' (mattoni), 'Mixtum' o 'Vittatum' (misto)*



EGLI ULTIMI ANNI si è sviluppata un'attenzione maggiore nei confronti del patrimonio edilizio esistente e delle attività che puntano alla conservazione e, dove è possibile, al riutilizzo dei Beni edilizi, sia di notevole pregio architettonico, sia edifici • rappresentanti la tradizione locale.

In questo campo, diversi sono i problemi strutturali che devono essere affrontati con tecniche e materiali che costituiscano un giusto compromesso tra sicurezza e conservazione. Tra i diversi elementi strutturali costituenti gli organismi edilizi, spesso sono le murature a presentare evidenti segni di sofferenza, e a necessitare interventi di rinforzo e consolidamento che in molti casi prevedono l'inserimento di barre d'acciaio (o barre di carbonio) e la successiva iniezione di materiali consolidanti.

Tutte le strutture murarie, qualora sottoposte a sovraccarichi dovuti a sollecitazioni anomale di schiacciamento o di presso-flessione, subiscono un dissesto, con perdita locale o generale, dell'equilibrio statico preesistente e creazione di deformazioni, crepe e lesioni.

Le origini dei dissesti e delle lesioni, sono molteplici e complesse e correlate non solo al tipo di sollecitazione subita, ma anche alla vasta tipologia di strutture murarie esistenti e al deterioramento dei materiali che le compongono. Le malte perdono la capacità legante e le pietre le capacità resistenti anche per il mutato ambiente chimico-fisico e per azioni termiche e dinamiche.

La tecnica d'intervento utilizzata maggiormente per il consolidamento e la riparazione delle strutture murarie lesionate si è molto evoluta negli ultimi anni, soprattutto dal punto di vista dei materiali impiegati.

Il sistema più collaudato si basa sulla capacità di miscele superfluide di leganti inorganici di penetrare in profondità in tutti i vuoti della struttura muraria mediante iniezioni a bassa (o bassissima) pressione.

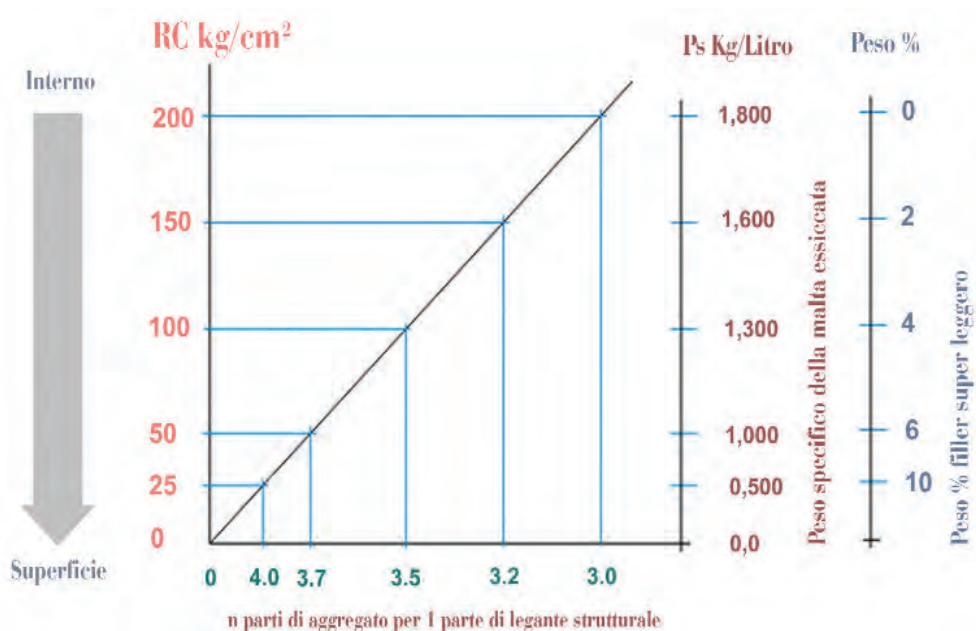
Lo scopo è di riaggregare tra loro gli elementi della muratura realizzando, attraverso la rigenerazione del legante originario e la saturazione dei volumi mancanti, un miglioramento nelle caratteristiche generali di resistenza.

2. - Le boiacche da iniezione

Grazie al contributo di studiosi, esperti nel campo del restauro monumentale, e dopo anni di indagini e verifiche in laboratorio e sul campo, la nostra Scuola ha perfezionato una tecnica specifica per il consolidamento degli edifici storici in muratura. I materiali, tutti espressamente formulati per il cantiere cui sono destinati, hanno la specifica peculiarità di rispondere, in modo diversificato, alle istanze progettuali suggerite dalle indagini diagnostiche preliminari.

Questi materiali sono particolarmente rivolti alle problematiche legate alle murature tradizionali in laterizio, in pietra o a sacco, anche laddove sono presenti superfici affrescate o comunque recanti memorie pittoriche d'interesse storico-culturale.

I requisiti prestazionali dei leganti da iniezione, sono opportunamente diversificati in funzione del campo d'applicazione, ovvero della specifica struttura da consolidare (murature, intradosso volte, extradosso coperture, intonaci, ecc.).



Ipotesi di diagramma decisionale in funzione delle aspettative progettuali

I campi di applicazione possono variare da situazioni nelle quali è necessario restituire continuità tra elementi strutturali nella muratura la cui funzione statica non è stata compromessa, a casi in cui la struttura muraria ha perso o ridotto la sua funzione portante per la comparsa di discontinuità tra mattoni e malta di allettamento e si richiede al prodotto di ripristinare i valori statici originari.

Per il consolidamento strutturale di murature (mediante iniezione con pompa a bassa pressione, attraverso cannule), nelle quali non sia possibile contenere e controllare la dispersione della miscela, si possono formulare boiacche con resistenza alla compressione fino a 200 Kg/cm², a 28 gg.

Si noti come talvolta vi sia la necessità di produrre ‘a piè di fabbrica’, boiacche a diversa resistenza per la stessa struttura muraria, dello stesso materiale, ma influenzata da diversi tassi di umidità di risalita, che ne modificano la resistenza meccanica. Si veda, nella figura seguente (Tab. 2), come il mattone subisca forti variazioni di resistenza meccanica a causa dell’umidità che ne satura i pori. Ciò suggerisce, per esempio, che la preparazione differenziata di boiacche, debba essere mirata all’ottenimento di materiali con una resistenza variabile, che spazia fra il più comune riempimento dei volumi mancanti, in strutture che si possono definire asciutte, ed altri casi ove il materiale, anti-dilavamento, debba essere iniettato in ambiente subacqueo, laddove vi fossero sacche d’acqua ristagnante o reperti archeologici sommersi.

Tab.2 Diminuzione della resistenza meccanica dei materiali umidi

Provini asciutti (6)		
Provino	Porosità	Carico di rottura Kg/cm ²
1	35,9	118
2	35,8	123
3	35,9	123
4	36,2	126
5	34,8	134
6	34,8	137
Media	35,5%	127

Provini bagnati saturi (6)

Provino	Porosità	Carico di rottura Kg/cm ²
1	36,4	48
2	37,1	50
3	35,7	57
4	35,6	58
5	35,7	59
6	35,5	65
Media	36,0%	56

In tabella è riassunto il risultato di un esperimento effettuato su 12 provini di mattoni provenienti dalla stessa fornace. I primi 6 provini sono secchi, i secondi 6 sono umidi a saturazione.

Tutti i prodotti da iniezione hanno in comune le seguenti caratteristiche di base:

1 - Le boiacche debbono potersi iniettare attraverso fori di dimensioni millimetriche e distribuirsi all'interno di cavità e fessure inferiori a 500 micron. Infatti, sia i leganti, che i filler usati, dovrebbero essere micronizzati ed avere una distribuzione granulometrica compresa fra 0 e 30 μm .

Tali boiacche, caricate con fillers, di granulometria di circa 10 μm , sono adatte, per il loro peso (500 gr/lit) e la relativa resistenza alla compressione (max 20 kg/cm²/28gg) per il consolidamento di distacchi superficiali. Un peso eccessivo, del materiale bagnato, potrebbe compromettere la stabilità degli strati sottoposti a reincollaggio, facendoli distaccare definitivamente dal fondo.

2 - Debbono possedere caratteristiche reologiche ideali e in particolare un'elevatissima fluidità. È infatti possibile ottenere un Flow-Cone inferiore ai 15 secondi aggiustando opportunamente l'aggiunta di acqua alla polvere, senza causare la segregazione o il bleeding superficiale dell'impasto.

La lavorabilità iniziale dovrebbe essere garantita per almeno due ore, consentendo agli operatori di impiegare l'impasto fresco in tutta tranquillità.

La reologia di questi prodotti dev'essere calibrata, per lo specifico impiego da iniezione, in termini di soglia di scorrimento e viscosità plastica, tramite viscosimetro rotazionale.

3 - Devono avere un bassissimo (o nullo) contenuto di sali solubili, sia allo stato anidro sia dopo idratazione.

Nel fenomeno di presa e successivo indurimento non devono formare efflorescenze o prodotti dannosi per i materiali preesistenti.

In particolare si dovrà cercare di ridurre al minimo il contenuto di calcio idrossido (calce libera) nel corso della presa e dell'indurimento. La calce parzialmente solubile nell'acqua, presente nei pori capillari, può migrare attraverso di essi, verso l'esterno della muratura, dove si carbonata formando patine ed efflorescenze biancastre. Un ponderato apporto di materiale pozzolanico, ad alta energia, dovrà garantire il bloccaggio di ogni parte di idrossido di calcio $[Ca(OH)_2]$, impedendone la migrazione.

4 - Dovranno possedere caratteristiche fisiche, quali permeabilità al vapore e assorbimento capillare, paragonabili a quelle dei materiali originari.

5 - Dovranno manifestare buona adesione alla malta originaria grazie anche alla eventuale presenza di agenti espansivi che agiscono unicamente in fase plastica, consentendo un più intimo contatto fra il materiale da iniezione e la superficie da consolidare. Le boiacche iniettate dovranno essere tutte caratterizzate da un equilibrato ritiro contrastato.

Per contro, non dovranno mostrare alcun fenomeno di contrasto dopo la fase di presa-indurimento, giacché potrebbero esercitare pressioni nocive sui supporti più fragili degli elementi costituenti la muratura e gli intonaci.

6 - I prodotti dovranno mantenere una buona ritenzione d'acqua grazie a specifici agenti ritentori, che consentono di:

a - evitare precoci 'bruciature' o essiccamenti del legante a seguito un eccessivo assorbimento d'acqua da parte del substrato;

b - ridurre e contenere la cessione d'acqua della malta iniettata nel substrato, specialmente laddove siano presenti dipinti murali.

7 - Nella formulazione di questi prodotti dovranno essere adottati dei leganti il cui impiego è stato già storicamente sperimentato, vale a dire misture di calce aerea e pozzolana di altissima qualità.

L'impiego di pozzolane caoliniche (2SA), assieme alla calce, offre numerosi vantaggi rispetto ad altri leganti pozzolanici naturali o artificiali:

a - Innanzitutto la reazione con la calce è molto rapida e se ben calibrata non lascia calce residua non reagita (idrossido libero $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, consentendo nel contempo di ottenere elevate prestazioni meccaniche e rapida messa in sicurezza.

b - La pozzolana caolitica è un materiale puro, formato quasi esclusivamente da ossidi di silice in combinazione con ossidi di alluminio. Non sono presenti alcali come nei vari sottoprodotti industriali (silica fume, loppa, ceneri volanti, ecc.).

c - Essendo i materiali reattivi impiegati nelle formulazioni, frutto delle microtecnologie innovative, presentano un'elevata costanza di qualità (e finezza) non riscontrabile nei materiali pozzolanici derivanti da sottoprodotti industriali o da estrazione da cave.

In definitiva si crede che questi leganti micronizzati a base di calce aerea in polvere, e specifiche pozzolane (2SA), ed aggregati anch'essi ottenuti attraverso le medesime tecnologie, siano in perfetta aderenza con le conoscenze e le tecniche del passato, arricchite e rinnovate grazie alle opportunità offerte dalla tecnologia moderna.

8 - I gradienti termici prodotti dalla reazione dei leganti sono trascurabili, l'esotermia misurabile su 1 litro di malta in condizioni adiabatiche non supera i 30 °C. In questo modo si evita, che all'interno della muratura si formino soluzioni di continuità conseguenti alla contrazione termica della malta di iniezione durante la fase di raffreddamento.

La pratica d'applicazione

Nel caso in cui si prevede di iniettare in crepe e fessure lineari è indispensabile eseguire preventivamente la stuccatura superficiale delle lesioni con una malta a basso modulo elastico inserendo i tubi di iniezione lungo l'asse della lesione.

Si inseriranno, contemporaneamente, cannule ad una distanza congrua con il tipo di lesioni o cavità da riempire; di massima una maglia di cm 50 x cm 50 (o maglie a quicquance: 100 x 100 con un foro nel centro) può essere l'ottimale. Attraverso le cannule in essi fori inserite si eseguirà il successivo riempimento di malta d'iniezione. Le iniezioni andranno sempre eseguite cominciando dalle più basse, procedendo poi verso le quote più alte; con questo semplice accorgimento si favorirà l'uscita dell'aria ottimizzando, nel contempo, la continuità della saldatura strutturale.

Prima di iniettare la malta riempitiva e consolidante all'interno delle fessure o delle cavità è necessario saturare con acqua - dall'alto vero il basso - la struttura interna, utilizzando le stesse vie d'accesso predisposte per la malta stessa.

Dopo essersi accertati che la struttura abbia assorbito tutta l'acqua iniettata, si può procedere all'iniezione della malta, procedendo, come detto, dal basso verso l'alto.

La miscelazione, aggiungendo la dose d'acqua raccomandata, può avvenire in betoniera, in secchio (mescolando a mano o con agitatore meccanico a basso numero di giri) o con impastatrice in continuo, fino ad ottenere una malta omogenea e priva di grumi. Nei consolidamenti murali si applica comunque per iniezione con pompe meccaniche a pressione controllata o con serbatoi a pressione e per caduta naturale.

Allorché la malta fuoriesce dalla cannula superiore, s'interrompe l'iniezione, si chiude l'iniettore di servizio e si continua con l'operazione da quello superiore, così sino al raggiungimento della sommità della lesione.

Per le superfici orizzontali (pavimenti, battuti o consimili), invece, si procede per colatura o si realizza un iniettore d'ingresso sulla zona del distacco ed alcuni fori d'uscita in punti situati all'altra estremità rispetto a quella d'iniezione; ovviamente, anche in questo caso, il riempimento si avrà al momento in cui si vede la malta debordare dai fori d'uscita.

Il materiale dovrà garantire tempi di lavorabilità e di pompaggio superiori ad un'ora; la boiaccia non dovrà essere soggetta a segregazione all'interno delle pompe e potrà essere spinta anche a lunghe distanze ed elevate altezze, consentendo di attrezzare il punto di lavoro al piano terra del cantiere, evitando in tal modo la movimentazione manuale dei sacchi e delle necessarie attrezzature.

Nelle iniezioni a pressione è indispensabile monitorare e controllare in automatico la pressione massima di pompaggio (ad esempio con un manometro collegato ad un'elettrovalvola) per impedire la formazione di sovrappressioni o colpi d'ariete all'interno della struttura interessata dall'intervento, che possono portare all'espulsione dell'intonaco ed a danni sulla muratura stessa che si sta consolidando.



Consolidamenti strutturali

Per consolidamenti strutturali s'intendono tutti quei consolidamenti, atti a ristabilire la stabilità statica originaria dell'elemento consolidato.

I diversi tipi di consolidamento, possono essere innumerevoli, ma qui ne citiamo solo alcuni:

- consolidamenti tramite iniezioni di leganti;
- consolidamenti mediante fasciatura con fibra di carbonio;
- consolidamenti mediante tiranti e catene;
- ed infine consolidamenti mediante 'cuci-scuci'.

Consolidamenti mediante fasciatura con fibra di carbonio

Il consolidamento mediante fasciatura con fibra di carbonio, consiste nell'incollare al supporto, mediante resine adesive, delle fasce ad alta resistenza a base di fibre di carbonio. La fasciatura a base di fibre di carbonio può essere utilizzata per il consolidamento di elementi verticali lapidei o in muratura (colonne, pilastri ecc.).

Tale intervento è particolarmente indicato nei casi in cui è necessario ripristinare la portanza di elementi verticali di una struttura soggetti prevalentemente a compressione, o qualora si debba realizzare un consolidamento preventivo (ad esempio: per un cambio di destinazione d'uso).

Lo sconfinamento a compressione degli elementi verticali, inoltre, è utilizzato per il miglioramento del comportamento statico in caso di eventi sismici, in quanto non comporta l'aumento dei pesi propri e conferisce alle strutture una notevole adattabilità.

Consolidamenti mediante tiranti e catene

Tiranti e catene, invece, sono elementi costruttivi, a prevalente sviluppo lineare, tradizionalmente impiegati con funzioni strutturali di collegamento, contenimento, sostegno, rinforzo e consolidamento, in diversi tipi di costruzione. Essi contrastano generalmente rischi di traslazione, distacchi, aperture, crolli e sono, per questo, sottoposti a sforzi di trazione. Gli elementi hanno generalmente forma prismatica, tubolare o filiforme e lunghezza prevalente rispetto alle dimensioni della sezione trasversale, che può essere circolare, quadrangolare o poligonale. Tiranti e catene, inoltre, appartengono spesso a strutture più complesse, di presidio temporaneo o di definitivo consolidamento e possono assumere posizione orizzontale, verticale o inclinata, in relazione alle ragioni per cui sono posti in opera e agli sforzi che devono sopportare.

Per quanto riguarda le applicazioni nel campo specifico del restauro, la tecnica prevede la posa in opera di tali elementi per contenere spinte anomale, per contrastare il collasso, per ridurre deformazioni o movimenti di elementi strutturali, ancorandoli ad altre parti dei manufatti, salde e stabili, oppure per rinforzare localmente strutture fragili e incapaci di sopportare gli sforzi cui sono soggette.

Consolidamenti mediante ‘cuci-scuci’

Talvolta, manufatti di tipo murario, interessati da mancanze localizzate o da porzioni più estese, in cui gli elementi componenti sono degradati, possono essere riparati con la cosiddetta tecnica del ‘cuci-scuci’ che in realtà dovrebbe più correttamente essere nominata dello ‘scuci-cuci’, poiché in esse l’azione distruttiva precede quella costruttiva o integrativa. L’intervento si basa, essenzialmente, sulla rimozione degli elementi ammalorati, per poi sostituirli con altri elementi sani, analoghi per forma, dimensioni, materiali e tecniche di lavorazione, rispetto a quelli rimossi.



3. - *Come intonacare un muro umido*

Sono rarissimi i casi in cui gli operatori, addetti alla manutenzione ed al rifacimento degli intonaci, vengono chiamati a prestare la loro opera in luoghi ove gli intonaci non si debbano risarcire a causa del degrado dovuto all'umidità o all'acqua.

A parte i guai e gli inconvenienti che l'acqua porta sempre con sé, fra i danni più gravi che essa può provocare nelle murature vi è il deterioramento del paramento murario quando l'acqua medesima si congela. Quando ciò avviene, l'aumentato volume del ghiaccio esercita una forte pressione sulla superficie dei pori delle malte, causando il distacco di parti superficiali, via via sempre più profonde, portando presto gli intonaci alla totale rovina. E laddove non v'è intonaco da aggredire, lo stesso ingrato destino spetta ai mattoni nei muri, i quali vedranno drasticamente ridotta l'aspettativa di vita, specialmente quando questi sono più gelivi di altri.

La permanenza di umidità nei muri potrebbe talvolta produrre fenomeni secondari rispetto al degrado delle strutture, ma produce sicuramente inconvenienti insopportabili rispetto all'abitabilità degli edifici, portando con sé insane muffe e conseguenti inaccettabili condizioni di natura igienica.

L'umidità risalente dal sottosuolo non è meno dannosa: essa infatti è la causa principale delle manifestazioni d'umidità nelle vecchie mura, specialmente ai livelli appena superiori al piano stradale. L'ingresso e la diffusione di questo tipo d'umidità è dovuto essenzialmente al fenomeno fisico della capillarità. Possiamo indicare con questo termine un fenomeno che si manifesta in modo inverso rispetto alla legge di gravità.

Secondo questa legge, infatti, il liquido contenuto in due vasi comunicanti rimane allo stesso livello, amenochè uno dei vasi non abbia sezione molto ridotta, ovvero capillare: in tal caso il liquido sale nel vaso più stretto, tanto più in alto quanto più ridotta è la sua sezione.

L'altezza di risalita dell'acqua quindi è inversamente proporzionale al diametro dei pori del materiale da costruzione usato.

Secondo l'Istituto Centrale del Restauro l'altezza massima di risalita per capillarità, è raggiunta con il seguente criterio:

$$H_{\max} = \frac{2}{r} \cdot 15 \cdot 10^{-6}$$

($H_{\max}$ = altezza massima; r = raggio dei capillari)

Nei mattoni fatti a mano, costruiti nel passato, cotti a bassa temperatura - e nelle malte che li tengono assieme -, il contenuto d'acqua trattenuta per capillarità può talvolta raggiungere e superare il 30% in volume. Ciò significa che per ogni metro cubo di muratura è quindi possibile che vengano trattenuti anche 300 Kg. d'acqua. Si noti poi, che nella pratica si riscontra sovente un leggero aumento del fenomeno di capillarità in presenza di temperature più basse, fenomeno che aumenta, in modo più evidente, in presenza di sali.

Queste indicazioni spiegano la diversa capacità di risalita capillare, che si può riscontrare in un edificio costruito con gli stessi materiali allorché influenzato dal terreno (i sali) e dall'esposizione (la temperatura).

Anche le caratteristiche dei mattoni e delle malte, usate nella costruzione di un muro, determinano la diversità di comportamento dell'intera costruzione all'effetto dell'umido risaliente.

In particolare, se i giunti di malta presenti nella muratura sono sottili, il comportamento della muratura stessa tende ad identificarsi con quello del materiale impiegato.

I vecchi laterizi hanno una capacità d'addescamento da 3 a 5 volte superiore a quello della malta di calce. Per assurdo, in una muratura ben fatta, con giunti sottili, la risalita dell'acqua è quindi facilitata.

Se la muratura è invece costruita con pietrame compatto e poco poroso, come ad esempio la selce, la risalita dell'umidità per capillarità sarà molto ridotta, avendo come via di risalita solo i giunti di malta d'allettamento. Ciò spiega il motivo per cui nelle murature in pietrame, ed in modo particolare in quelle realizzate in pietra da taglio, il progresso dell'umidità è più lento che nelle murature in mattoni.

In tutti i casi, comunque, nel punto in cui il tasso di risalita capillare è uguale al tasso di evaporazione, si manifesta sul muro un segno di demarcazione che divide la parte inferiore umida da quella superiore, che si può definire asciutta.

È interessante notare, che in tutta la macchia d'umido, che si espande in modo continuo dal pavimento e che non supera generalmente il metro d'altezza, i sali provenienti dal terreno, contenuti nell'acqua e che con essa veicolano per risalita capillare, rimangono in soluzione: pertanto, per così dire, non recano danno alcuno. Ben altro succede su quella linea che limita la superficie bagnata da quella asciutta. In quel *punto di bagnasciuga* l'umidità evapora lasciando cristallizzare i sali idrosolubili in essa contenuti; i sali cristallizzando aumentano di volume disgregando le già deboli cavità in cui ristagnavano.

Si comprende allora come la disgregazione dei manufatti dovuta ai sali contenuti nell'umidità di risalita sia più funesta delle gelate invernali.

Infatti, se le gelate aggrediscono i mattoni dei muri solo quando e dove le temperature s'abbassano sotto lo zero, i sali distruggono i manufatti in ogni momento in cui si succedano differenti condizioni ambientali che causino dapprima una repentina risalita dell'umido e quindi la successiva evaporazione dello stesso.

Nel caso in cui si rilevino macchie eccessivamente alte, diciamo superiori a 2 metri, bisognerà verificare che le zoccolature, gli arredi fissi, o altri elementi, non impediscano una normale ventilazione nella parte bassa della muratura. Seppoi ci dovessimo imbatte-re in macchie d'umido, che si manifestano con rilevanti efflorescenze saline, che sovrasta-no larghi rappezzi d'intonaco rifatto recentemente, non v'è dubbio che in quelle nuove malte qualche disattento operatore v'ha mescolato del cemento.

In quei sfortunati casi, in cui il danno è talvolta irreversibile, non solo si vedono i sali, provenienti dal terreno spinti a pericolose altezze, ma si nota altresì che la quantità di questi è cresciuta a dismisura oltre il normale: ciò è dovuto al fatto che essendo le malte di cemento poco o nulla traspiranti, queste forzano l'umido a risalire ancor di più per trovare sfogo oltre la barriera cementizia, portando con sé non solo i sali provenienti dal terreno, ma anche i sali contenuti nel cemento stesso.

Usar cemento nelle murature afflitte da umidità saline significa aggiungere sali ai sali, ed innescare imprevedibili reazioni fra essi, condannando i muri ad una prematura fine.

Le murature degli scantinati o delle fondazioni in genere, immerse nel terreno, se non sono convenientemente protette o hanno le protezioni deteriorate, come di sovente avviene nelle antiche costruzioni, le murature, dicevo, a parità d'ogni condizione, assorbono acqua in maniera tanto maggiore quanto più rilevante è il loro spessore.

Si è riscontrato, infatti, che ad un eguale contenuto percentuale d'acqua, i muri di maggior spessore ne contengono una quantità maggiore e la superficie esterna dei paramenti, da cui l'umido può evaporare, è indipendente dallo spessore dei muri medesimi, per cui la quantità d'acqua trattenuta risulta tanto maggiore quanto più questi sono spessi.

Da molte strutture osservate, tormentate dall'umidità di risalita, si è potuto empiricamente determinare che nei pilastri isolati l'altezza dell'umido risaliente equivale allo spessore del pilastro stesso; nei muri perimetrali, che hanno quindi una parete che guarda all'esterno, l'altezza di risalita varia da una volta e mezzo a quattro volte lo spessore del muro; infine, nei muri di spina la macchia d'umido sale da due volte a cinque volte lo spessore del muro.

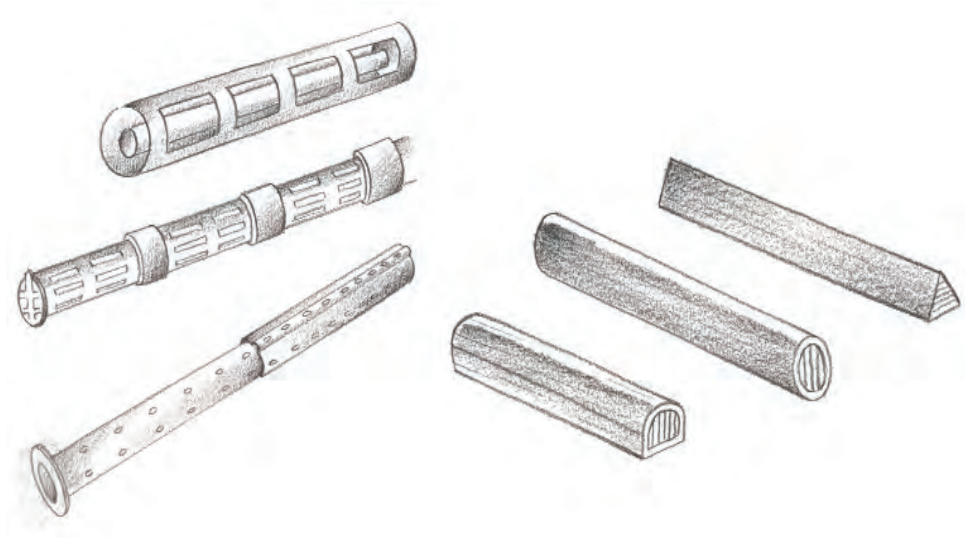
Alla luce di quanto detto, il rimedio più logico e più opportuno per interrompere i fenomeni di degrado sarà quindi quello di cercar di limitare al massimo la propagazione dell'umidità all'interno delle masse murarie.

4. - I sifoni di Knapen

Un sistema usato nel recente passato, e ancor oggi adottato, consiste nell'accrescere la superficie esterna di evaporazione subito sopra il livello libero del terreno e nel contempo ridurre la sezione orizzontale dei muri per ridurre il trasporto dell'acqua per capillarità, mediante l'inserimento nella muratura di speciali 'sifoni atmosferici'.

I sifoni sono costituiti da elementi in terra cotta porosa con un canale centrale cilindrico di 3 centimetri di diametro, la loro lunghezza varia di 5 in 5 centimetri, partendo da un minimo di 10 sino ad un massimo di 50 centimetri.

Tali sifoni, detti anche 'Knapen', che possono aver sezione pentagonale, triangolare, cilindrica o semicilindrica, sono inseriti nella muratura, mediante la carotatura della cortina da prosciugare, ad una distanza di 30-40 centimetri l'uno dall'altro, fra i primi due corsi di pietre che sovrastano il piano del pavimento interno.



I Sifoni di Knapen

Quando non vi è garanzia di un'efficace ventilazione dei muri sottoposti all'opera di prosciugamento, non è possibile ricorrere all'applicazione dei sifoni di Knapen perché l'operazione risulterebbe del tutto inutile: bisogna allora creare una strato impermeabile orizzontale, che interrompa la muratura e impedisca il trasporto dell'umidità verso l'alto.

5. - Il taglio della muratura

Tagliare ex abrupto la fondazione d'un edificio può essere talvolta l'estremo rimedio per difendere i muri dall'oltraggio dell'umidità e dei sali provenienti dal terreno sottostante.

Quando s'interviene, però, col metodo del 'taglio fisico' bisogna comunque tener ben presente che il taglio completo dei muri, in prossimità del livello del suolo o dello spiccato delle fondazioni, viene a formare una specie di cerniera la cui presenza non sempre è opportuna, specialmente se attuata in edifici ubicati in zone ad elevato rischio sismico.

Il 'taglio a sega' è indicato soprattutto per quelle murature che presentino, al piede della fondazione, almeno due corsi di mattoni allettati da un giunto di malta regolare di spessore uguale o superiore al centimetro. In tal caso, il taglio, che ha lo spessore della sega, di circa 8 millimetri, può esser eseguito tutt'attorno l'edificio, lungo il giunto di malta.

In pratica, le condizioni più favorevoli si presentano nei muri a mattoni pieni o in blocchi squadrati di pietrame 'tenero' come la pietra leccese, i tufi, il peperino e le arenarie in genere.

Il taglio viene eseguito, generalmente, a tratti orizzontali della lunghezza di un metro o poco più, in maniera da poter inserire in esso delle lastre in vetro resina o consimili diaframmi.

Chi esegue l'operazione di inserimento dei diaframmi di materiale impermeabile, ha anche cura di lasciare sbordare i fogli inseriti nel taglio, in modo che questi servano anche da elemento di sbarramento per i nuovi intonaci che dovranno essere formati. Tale accorgimento è volto a scongiurare la migrazione dell'umidità di risalita che potrebbe continuare a verificarsi nell'ambito dello spessore dell'intonaco.

6. - Le iniezioni: ovvero 'il taglio chimico'

Pur essendo il procedimento del taglio dei muri, in linea di massima, il più economico degli'interventi per bloccare l'umidità di risalita, non sempre è possibile realizzarlo.

Il principale impedimento risiede spesso nella conformazione del muro da tagliare. Il taglio, infatti, non trova facile attuazione se non disponiamo di un giunto di malta spesso abbastanza ed omogeneamente distribuito lungo tutta la sezione orizzontale dello spiccato della fondazione.

Abbiamo anche accennato, al capo precedente, al fatto che il taglio passante nella muratura, con relativa introduzione in esso di un diaframma impermeabile, viene a costituire una specie di 'scollamento' la cui presenza può risultare inopportuna, specialmente nelle costruzioni site in zone sismiche.

Di conseguenza, ove ci trovassimo alla presenza di un'*opera incerta* o dovessimo intervenire su murature idonee al taglio ma site in zona sismica, si procede all'opera di sbarramento mediante iniezione.

Si pratica, ad una altezza di 20 centimetri circa dal suolo, una serie di fori di 15 - 20 millimetri di diametro, a distanza di 10 - 15 centimetri l'uno dall'altro, lungo un allineamento orizzontale se la muratura è a orditura regolare, o pressoché orizzontale se la muratura è strutturata ad opera incerta.

Nelle murature costituite da conci irregolari, o pezzami misti, per non forare i blocchi di pietra, ci si trova spesso volte costretti a seguire l'andamento irregolare delle malte di allettamento, e ciò costringe l'operatore a praticare, in più punti, dei fori sovrapposti.

Idealmente, operando lungo uno specifico giunto di malta di una muratura dall'ordito regolare, i fori andrebbero praticati in corrispondenza di ogni giunto verticale che si viene a trovare ogni 'testa', ovvero ogni mezzo mattone.

Ciò significa, essendo i mattoni di 25 centimetri di lunghezza, che i fori saranno praticati ogni 12 centimetri circa. Ad ogni modo, anche nei casi in cui l'orditura non fosse perfettamente regolare, il punto d'incrocio fra il giunto orizzontale e quello verticale sarà sempre da preferire per praticare il foro per l'iniezione.

I fori praticati nel muro non sono passanti, la loro profondità nel muro è limitata a 5 centimetri prima della loro fuoriuscita: tale profondità d'intervento è sufficiente ad interessare l'intero spessore del muro senza peraltro dover distruggere anche il paramento interno.

Eseguita la sistematica foratura del muro, si procede poi all'iniezione della resina dopo aver introdotto dei particolari bocchelli nei fori, procedendo nell'opera di iniezione, dall'estremità dei muri, verso il centro dello sbarramento da realizzare. La pressione di iniezione va regolata in funzione delle condizioni di stabilità del muro; in genere si inizia con una pressione di circa una atmosfera, o meno, per arrivare ad un massimo di 3 - 4 atmosfere nella fase finale dell'iniezione, e ciò quando comincia a manifestarsi una marcata resistenza alla penetrazione della miscela nel muro.

Una forte resistenza alla penetrazione della miscela è indice che le porosità, le fessurazioni ed ogni altro meandro nel muro, è stato pressoché riempito.

Benché vi siano sistemi di iniezione, detti 'a lenta diffusione', che non prevedono l'uso della pompa, molti operatori preferiscono controllare le iniezioni mediante pompe munite di manometro. Il sistema meccanico infatti permette di controllare che l'iniezione non vada 'a vuoto'. Nelle murature degradate, infatti, si possono trovare vacuità, sacche o larghe crepe, che andrebbero a raccogliere tutta la resina iniettata se un manometro applicato alla pompa non rivelasse tale inconveniente.

Se malauguratamente ci si dovesse trovare davanti a questo specifico problema, sarà buona norma iniettare, sino a saturazione, nel foro che ha rivelato il succitato inconveniente, un composto fluidificato di calce aerea mista ad elementi ad alto indice di pozzolanicità, connotato da un bassissimo contenuto di sali idrosolubili, ed un inesistente residuo di calce libera. L'impasto a presa idraulica, indurrà entro un paio di giorni, ed il foro, liberato dai resti di malta, potrà essere riutilizzato per iniettarvi la miscela idrorepellente.

I composti da iniezione che hanno dato i più interessanti risultati nel trattamento delle mura umide composte con ogni tipo di laterizio e di pietrame si sono rivelati essere alcuni specifici organi alcossisilossani, in veicolo non solubile, indurenti in presenza di umidità, che si diffondono capillarmente con sufficiente facilità e resistono a lungo anche in condizioni di estrema avversità.

Consiglio di cantiere

Le boiacche superfluidificate da iniettare nei muri, allo scopo di riempire i volumi mancanti, devono garantire di non avere, dopo il processo di indurimento, né calce libera né solfati. Trasgredire questa basilare norma, porterà il vostro lavoro ad inevitabili ed imbarazzanti giudizi. La calce libera $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ non farà mai presa, in quanto si trova in ambiente asfittico, il che non le consente di indurire per carbonatazione; i solfati (SO_3), invece, sono più dannosi del malanno che i muri già soffrono. La presenza di solfati, molto spesso, è testimonianza, anche se negata, del fatto che il legante delle boiacche sia cementizio (C_3S).

Una carotatura a posteriori, della muratura 'consolidata' in modo inadeguato, rivelerà inequivocabilmente risultati inaccettabili: calce che permane sottoforma di grassello e solfati in migrazione.

L'uso di composti da iniezione formulati con calce e pozzolane caoliniche, è assolutamente da consigliarsi i quanto le malte preparate con questi due ingredienti danno risultati estremamente soddisfacenti: i composti al metacaolino non lasciano calce libera nelle malte indurite; sono fortemente porose e non contengono sali idrosolubili di alcuna origine.

7. - Teoria sui tempi di prosciugamento di un muro umido

Viene spontaneo pensare che in presenza di una maggior ventilazione o di una energica azione del sole sulla superficie dei muri umidi, ne consegua necessariamente un prosciugamento uniforme.

In verità è dimostrato che il prosciugamento inizia dall'alto, mentre al di sotto della linea fra umido e asciutto, il tasso di umidità presente nella muratura non varia affatto. L'affermazione si fonda su di un paio di considerazioni.

Primo: In una qualsiasi struttura verticale, che assorba acqua dal piede, in cui venga forzata l'evaporazione superficiale mediante ventilazione o con il naturale calore del sole, l'incremento dell'acqua evaporata causa un conseguente aumento dell'acqua assorbita dal basso.

Secondo: Aumentando nel muro la velocità di evaporazione, aumenta la velocità di risalita. Effettivi segni di prosciugamento della muratura si inizieranno a vedere solo quando la velocità di evaporazione sarà maggiore di quella di risalita, procedendo comunque dall'alto verso il basso.

Orbene, supponiamo d'aver bloccato l'umidità di risalita in un muro di fondazione di un vecchio edificio mediante l'applicazione di un diaframma impermeabile inserito in un taglio di sega, o mediante una più sofisticata iniezione di silossani: cosa succede all'umidità che ristagna nel muro al di sopra della barriera impermeabile? In quanto tempo si prosciugherà il muro?

Se il muro in questione misura 70 centimetri di spessore ed è costituito da mattoni originari di buona cottura, e pertanto estremamente porosi, è molto probabile che in condizioni di saturazione, esso contenga oltre 200 litri d'acqua per metro di muratura umida.

È chiaramente intuibile che l'evaporazione dell'acqua, contenuta nella massa muraria, è tanto più facilitata quanto più le pareti sono esposte al sole e all'aria in movimento.

A parità di temperatura e velocità dell'aria, è ovvio che l'evaporazione dipende dalla qualità della muratura e dal suo spessore. Di fatto, i materiali leggeri, caratterizzati da strutture particolarmente porose, come i mattoni fatti a mano e le calci cotte a bassa temperatura, si asciugano più rapidamente. Altri materiali, con struttura più fine, più pesante e meno porosa, come le malte di cemento, le malte bastarde e i moderni mattoni trafilati, perdono più lentamente l'acqua che in essi ristagna.

Sperimentazioni di laboratorio ci portano ad osservare che il tempo di prosciugamento (t) cresce in ragione del quadrato dello spessore (s) delle murature.

Il tempo di prosciugamento (t) è inoltre funzione di un certo coefficiente di prosciugamento (p), caratteristico di ogni materiale di cui è strutturato un muro.

Ovvero:
$$t = p \cdot s^2$$

Ove t è espresso in giorni, ed S è espresso in centimetri.

Si riportano qui di seguito, in modo puramente indicativo, alcuni valori medi del coefficiente di prosciugamento relativi a materiali caratterizzati da diverse frazioni di porosità.

Materiali	Coefficiente (p)
-----------	------------------

Malta deumidificante super-leggera	0.15
Malta di calce aerea e sabbia	0.25
Malta di calce forte e sabbia	0.27
Malta cementizia	1.58
Malta bastarda	1.35
Mattoni fatti a mano	0.28
Pietra calcarea	1.22
Calcestruzzo cellulare	1.20
Calcestruzzo di pomice	1.40
Calcestruzzo strutturale	1.60

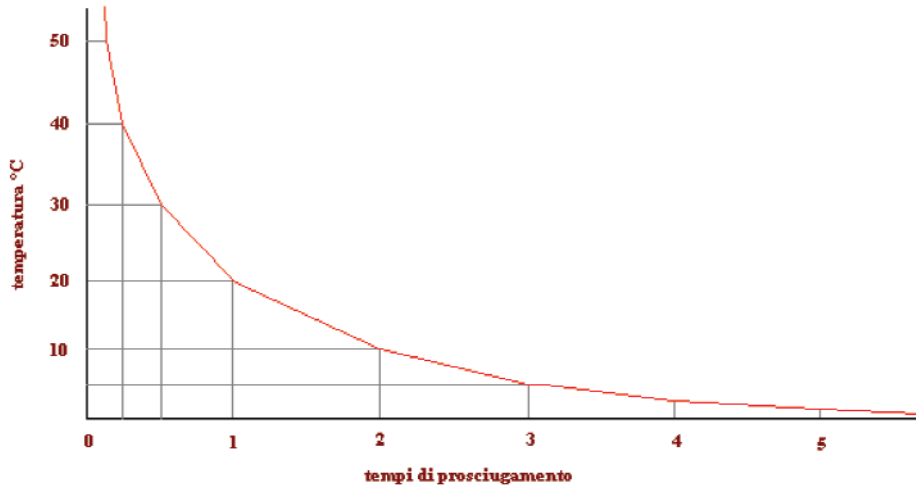
Da quanto sopra asserito, ed applicando i coefficienti suesposti, si può constatare che la muratura, dello spessore di 70 cm., satura d'umidità, da noi fatta tagliare, e composta di mattoni originari fatti a mano, si prosciugherà presumibilmente in un tempo:

$$t = 0.28 \times 70^2 \quad \text{cioè } 1372 \text{ giorni; ovvero quasi } 4 \text{ anni.}$$

Tale tempo di prosciugamento può notevolmente aumentare, oltre che con lo spessore dei muri, anche con le condizioni ambientali in cui i muri si trovano.

Naturalmente, uno dei fattori che più incidono favorevolmente sul tempo di prosciugamento è la temperatura ambientale: più alta è la temperatura, più i tempi di prosciugamento si abbreviano.

Nel diagramma qui accanto, sono di massima riportate, a parità di volume, superficie e condizioni ambientali, le temperature occorrenti in funzione di una certa durata di essiccazione dei materiali.



*L'unità di tempo di prosciugamento 1 è definito con aria ferma
($<0,1$ m/s); temperatura 20 °C; Umidità relativa 70%*

Leggendo il diagramma vediamo che l'unità di tempo di prosciugamento che si ottiene a 20 °C, si dimezza allorché la temperatura sale a 30 °C, riducendosi poi ad un quarto se la temperatura s'incrementa a 40 °C. Per contro, se la temperatura si abbassa sotto i 20 °C, i tempi di prosciugamento si dilatano con lo stesso criterio. È ovvio, che quanto detto vale per i casi in cui i muri restaurati siano reintonacati con malte che hanno coefficienti di prosciugamento molto vicini ai coefficienti relativi alle murature in esame. Poiché gli intonaci s'infrappongono fra il muro da prosciugare e l'aria che li prosciuga, essi influenzeranno notevolmente i tempi di prosciugamento in funzione della loro maggiore o minore porosità, ovvero del loro diverso coefficiente di prosciugamento; anzi, le indagini di laboratorio hanno dimostrato che un muro umido reintonacato sui due lati, con intonaci di adeguato spessore, si prosciugano in un tempo che è determinato dalla struttura porosa dell'intonaco e non già della porosità dei mattoni che costituiscono il muro stesso.

Si può pertanto asserire che un muro si asciuga in un tempo legato strettamente al coefficiente di prosciugamento relativo all'intonaco che lo ricopre. Ecco la ragione per cui un muro rinzaffato ed intonacato con solidissime croste di cemento e ghiaietta ($p=1.58$) sembrano non volersi asciugare mai. Infatti, se il nostro muro saturo d'acqua, da noi tagliato e 'incamiciato' in un intonaco di buona calce, di 3 centimetri di spessore per lato, come abbiamo visto, si prosciuga in circa 4 anni: lo stesso muro, intonacato con una malta cementizia, dallo scarso potere traspirante, si prosciuga in un tempo molto maggiore:

$$t = 1.58 \times (3+70+3)^2; \text{ cioè } 9126 \text{ giorni; ovvero ben } 25 \text{ anni!}$$

Per tutto questo tempo, finché la muratura non sarà totalmente prosciugata, (sempreché l'intonaco non precipiti prima), i sali idrosolubili, che sono in soluzione nelle malte e nei mattoni, continueranno a veicolare, con l'acqua, verso la superficie esterna della muratura.

Dopo l'intonacatura, due sono gli effetti che si potranno osservare:

1) Se i nuovi intonaci sono stati preparati con malte composte con leganti ed aggregati porosi, come calce e sabbia, efflorescenze saline si potrebbero manifestare sulla superficie esterna dei manufatti.

La loro bianca presenza, oltre che a causare un inconveniente di tipo estetico, potrebbe causare la parziale disgregazione della finitura superficiale dell'intonaco, che spesso volte coincide con la finitura colorata. Questo inconveniente dimostra, però, la buona traspirabilità dell'intera struttura muraria.

2) Se invece gli intonaci sono costituiti da compatte croste cementizie, il danno allora può essere devastante. Siffatti intonaci, che all'umido spesso traspaiono macchie nerastre, quanto mai ingrate ed appariscenti, dell'ossido di ferro contenuto nel cemento, oltre a costituire una barriera al prosciugamento dell'umidità di risalita, essi rappresentano anche un ostacolo al passaggio del vapore e dei sali: e se ciò sembra un vantaggio sul piano estetico, non lo è affatto sul piano meccanico. I sali, infatti, non trovando modo di migrare verso l'esterno, cristallizzano e s'addensano sull'interfaccia fra intonaco e mattoni: ed il loro aumento di volume è causa di forti pressioni che portano prima allo sgretolamento della superficie dei mattoni ed alla fessurazione degli strati di malta, indi allo scollamento degli intonaci, ed infine alla pericolosa caduta degli stessi, che talvolta trascina con sé anche rilevanti parti di materiale fittile.

Per il gusto di essere ancor più chiari, semmai ve ne fosse bisogno, si provi a cambiare la crosta di cemento che copre sui due lati il muro da prosciugare, con un intonaco composto con una malta macroporosa, deumidificante, super-leggera.

Le malte deumidificanti, data la loro elevatissima superficie specifica, hanno un coefficiente di prosciugamento bassissimo (il che significa forte potere assorbente e deumidificante): probabilmente il più basso che si sia potuto riscontrare in laboratorio ($p=0.15$).

Intonacando sui due lati con 3 centimetri di malta macroporosa, lo stesso muro preso ad esempio precedentemente, saturo d'acqua e dello spessore di 70 centimetri, si calcola che:

$$t = 0.15 \cdot (3+70+3)^2; \text{ 866 giorni; come dire 2 anni e 4 mesi.}$$

Da ricordare

Stando al Cataneo, una 'calcina livida albazzana' meglio si presta per i lavori da farsi su murature che patiscono l'oltraggio dell'umido. Ciò è vero solo per l'opera di applicazione delle malte su mattoni saturi d'acqua. Ciò non toglie che anche le calci idrauliche naturali vengono aggredite dai sali e da questi vengono disgregate, poiché la frazione di calce libera, che si trova in esse, le rende vulnerabili. In questi casi rifatevi alle malte pozzolaniche romane.

8. - *Gli intonaci deumidificanti macroporosi*

Da molti anni è praticato un sistema di deumidificazione mediante l'applicazione di intonaci a spessore, definiti macroporosi. I risultati, oltre ad essere soddisfacenti, sembrano essere longevi e costituire una buona scelta laddove è proscritto il taglio fisico del muro.

Generalmente gli strati applicati alla muratura umida, sono:

- Una malta da rinzafo consolidante;
- Una barriera porosa antisale;
- Un arricciato deumidificante;
- La finitura colorata idrorepellente.

I danni visibili sulle murature, sottoposte ad umidità e sali, sono da ricondurre a questi ultimi, anche se i guasti provocati dal gelo non sono di minor entità. I sali si sciolgono nell'acqua risalente; si spostano per capillarità all'interno delle strutture murarie finendo per concentrarsi laddove si riscontrano le migliori condizioni di evaporazione. I processi di cristallizzazione e di idratazione causano l'innescare di tensioni, dovute alla variazione di volume dei sali cristallizzati, che possono distruggere, in maniera relativamente rapida, i tinteggi, gli stucchi e gli intonaci. L'intonaco deumidificante macroporoso concentra su di sé tutto il processo evaporativo, impedendo la cristallizzazione dei sali all'interno della muratura e la conseguente disgregazione della matrice dei materiali che costituiscono le strutture stesse. I sali che danneggiano i muri, in prevalenza composti a base di solfati, cloruri e nitrati, portano ad un aumento del contenuto di umidità a causa dell'effetto igroscopico.

Si è riscontrato che nonostante l'inserimento di efficaci diaframmi, di diversa natura, posti a sbarramento orizzontale, si verificano talvolta dei danni a causa dell'assorbimento igroscopico dei sali in essa contenuti nel materiale fittile costituente le cortine murarie.

I sali, che danneggiano i materiali da costruzione, vengono inglobati nell'intonaco macroporoso e vengono forzati a rimanere lontani dagli stucchi superficiali. L'elevata permeabilità al vapore acqueo di siffatti intonaci, sviluppa condizioni favorevoli per la deumidificazione delle strutture murarie.

Gli intonaci deumidificanti macroporosi, non si possono assolutamente definire *intonaci di sbarramento*: anzi, le caratteristiche più salienti di quest'intonaci sono:

- ridotta conducibilità capillare;
- ottima permeabilità al vapore;
- elevato volume di pori.

Aumentando la porosità della sezione trasversale dell'intonaco, viene migliorata la capacità di diffusione. La geometria dei pori deve essere conformata in modo tale che, anche un lungo periodo, il deposito dei sali non causi il blocco dell'essiccazione. Inoltre la sezione dei pori dovrà garantire che non avvengano la distruzione dell'intonaco a causa dell'espansione dei sali in fase di cristallizzazione. Grazie ad additivi con proprietà idrorepellenti, il trasporto dell'acqua nei capillari viene notevolmente ridotto. Tale condizione garantisce che il livello di evaporazione dell'acqua non si trovi sulla superficie dell'intonaco, bensì all'interno della sua sezione trasversale, il che costituisce una premessa importante affinché l'intonaco non subisca danni, nonostante i sali disciolti nell'acqua.

La matrice del legante, che si trova tra gli inerti ed i pori e che esercita la vera e propria azione legante, deve essere tale da opporsi, quanto più a lungo possibile, alla prevista concentrazione di sali. L'esperienza ha dimostrato che ciò può essere garantito solamente da un legante che sia prevalentemente (o esclusivamente) idraulico.

Dopo oltre un decennio dalla loro applicazione, l'intonaco deumidificante macroporoso mostra di avere ancora un discreto volume di pori disponibile ad accogliere altri sali cristallizzati. Si noti che lo spessore dell'intero sistema deumidificante (4 cm) costringe, per mancanza di spessori disponibili, i progettisti e gli operatori a sopravanzare il profilo esterno delle cornici petrigne delle porte e delle finestre, di uno o due centimetri. L'efficacia e la durata del sistema macroporoso, peraltro, meglio si rivela ai grossi spessori.

Sperimentazioni scientifiche, condotte nel corso degli ultimi anni, su questo tipo di sistema risanante (foto A), hanno dimostrato che i diversi tipi di pori, esistenti all'interno degli intonaci deumidificanti, si comportano in maniera differente rispetto alla migrazione dei sali. I sali ostruiscono prevalentemente i pori capillari, mentre i pori ottenuti mediante additivi aeranti (tensioattivi, foto B), nonché quelli generati da opportuni inerti leggeri, mostrano un diverso comportamento. I rilievi al microscopio elettronico a scansione lineare (SEM), effettuati su intonaci da risanamento sottoposti a trattamento con sali per lungo periodo, evidenziano che questi pori non si costipano completamente di sali; talvolta è stata rilevata solamente una debole cristallizzazione salina sulle pareti dei pori osservati.

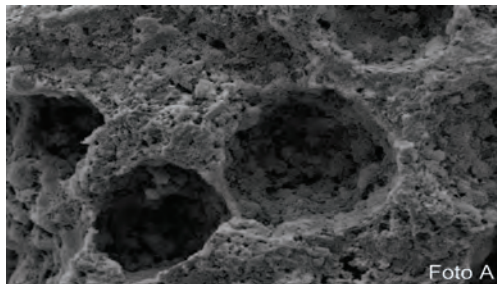


Foto A

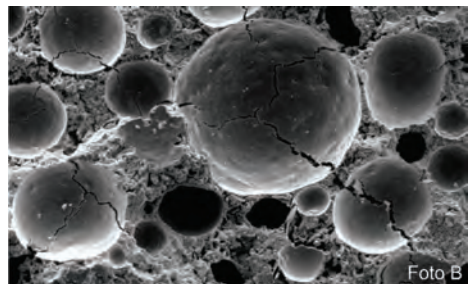


Foto B

1. - Malte & sabbie



LEGANTI, di qualsiasi natura essi siano, non possono impiegarsi nelle costruzioni senza essere bagnati preventivamente con acqua. Talvolta s'impiega un solo materiale, spesso però sono due o più di due i materiali che si uniscono e s'impastano assieme all'acqua per costruire quelle sostanze pastose, che hanno la proprietà di indurire

e di aderire ai materiali da costruzione, le quali prendono il nome di malte.

Si dicono *malte semplici* quelle che, oltre ovviamente all'acqua necessaria per l'impasto, sono costituite esclusivamente dal legante (calce grassa, calce forte, gesso, ...); *malte composte* sono quelle realizzate, oltre che con l'acqua, con due o più materiali (calce grassa o calce forte, con sabbia o pozzolana). Di queste si dicono *malte comuni* o *malte aeree* quelle formate solamente con calce comune (ovvero grassello) e sabbia, le quali fanno presa soltanto in costruzioni esposte all'aria; *malte idrauliche* quelle altre composte con calce grassa e pozzolana, o con calce forte (idraulica naturale) e sabbia, le quali fanno presa tanto all'aria che sott'acqua; *malte bastarde* quelle composte di due o più leganti. Ordinariamente, s'intendono oggi *bastarde*, le malte di calce inopinatamente mescolate al cemento, per le quali vale anche il termine di malte cementizie.

La buona riuscita delle malte dipende generalmente dalla buona qualità degli ingredienti, dalla loro giusta proporzione e dalla perfetta lavorazione dei medesimi.

Come per l'estinzione delle calci, anche per il confezionamento delle malte sono da preferirsi le acque più limpide e pure, come le acque potabili, quelle dei laghi e dei fiumi, ecc. L'acqua del mare, nonostante l'ottimismo del Rondelet, va generalmente proscritta; così pure vanno allontanate le acque salse, le selenitose e le magnesiache, poiché producono malte di scadente qualità che ne ritardano la presa.

La quantità d'acqua, occorrente per l'impasto di una malta, non si determina che con la pratica: conviene che essa sia giusta per rendere la malta piuttosto soda e consistente; le malte molto diluite fanno presa tardi e si disseccano sensibilmente, lasciando dei vuoti e cavilli, che ne diminuiscono la saldezza e la durata.

Gli ingredienti, che entrano a far parte delle malte, si dosano in parti che si riferiscono ordinariamente al volume, raramente al peso. Per una parte di calce e due di sabbia s'intende un volume di calce e due di sabbia.

La proporzione della sabbia o pozzolana e delle varie calci, è variabile secondo la natura del manufatto che ci si appresta a porre in opera, e la resistenza che in esso si richiede. Gli ingredienti si dosano in maniera da produrre un tipo di malta, che rimanga integra nel tempo, la più ragionevolmente economica, e la più corrispondente alla resistenza desiderata.

Generalmente però le malte si preparano con eccesso di resistenza, proporzionando la calce alla sabbia o pozzolana in maniera che essa occupi tutti gli spazi esistenti fra i granelli, avviluppando i granelli medesimi. Le malte così composte prendono il nome di *malte piene*. Praticamente gli operatori ritengono giusta e corrispondente ad una malta piena, ben fatta, quella quantità di calce che, durante la mescolazione si rende necessaria per far sparire tutti i granelli di sabbia, rendendo uniforme il colore della malta; d'altro canto però non si dovrebbe neanche eccedere con la quantità della calce: tali eccessi si possono subito notare col manifestarsi di bianche sbavature sul ferro della cazzuola usata per rimestare la massa; la malta dovrà facilmente scivolar via dal ferro, lasciandolo sempre ben lucido e pulito.



Non possiamo disquisire sui materiali senza attingere dall'inesausto Scamozzi e le sue preziosissime osservazioni sulle sabbie e sui luoghi ove queste sono colte.

Ecco qui di seguito il testo integrale sulle sabbie:

Vincenzo Scamozzi, *L'idea dell'architettura universale*, di Vincenzo Scamozzi architetto veneto, Venezia, 1615.

« Tomo II, Capo XX. *CHE COSA SIA SABBIA, E VARIE SPECIE e colori d'esse: e delle sabbie di cava, e di Fiume, e parimente dell'Arena di Mare.*

PERCHE nel murare (come dicemmo poco fà) si ricerca la calce, e sabbia ò simile equivalente; e perciò in questo luogo tratteremo della sabbia, e dell'Arena, e del Carbonchio, della Pozzolana, e del Grappillo, e della Beletta, e finalmente se altre cose vi sono, che possono servire à questo effetto, e prima dimostreremo che materie siano, di che si facciano, dove si ritrovano la differenza trà esse, la scelta, e l'uso loro, e gli effetti che esse fanno nelle malte; accioche assai perfettamente si habbia cognitione di tutte esse.

Per opinione nostra la sabbia per la maggior parte non viene ad esser altro, che i frammenti di varie sorti di pietre, lequali per esser di natura venose, e frangibili, e perciò col tempo si staccano dalle montagne, ò sono levate violentemente da varij accidenti; e così rottolando giù si spezzano, e pervengono ne' torrenti, e ne' fiumi che scorrono quà, e là per quelle Valli; e condotti giù dall'acque si logorano, e si riducono in sabbia.

E CHE ciò sia vero lo comprendiamo chiaramente per questi nostri fiumi di qualche nome dell'Italia: come il Tevere, & Arno, & il Rhen nell'Apennino, & il Tesin, & Adda, e tanti altri che derivano nel Pò di Lombardia, e l'Adice, e la Brenta, e la Piave, & il Tagliamento, e molti altri in questa Marca Trevigiana, e nella Patria del Friuli, (per non trattar hora di quelli di là da' monti) i quali nascono nelle principali montagne di queste Alpi interne, & esterne dell'Italia, e scorrono per balze, e dirupi, e luoghi sassosi: onde con l'empito loro lievano molti sassi, i quali per il lungo viaggio urtando l'un l'altro si spezzano, e si frangono, e si logorano, & alla fine si riducono in minutissima sabbia.

E TANTO maggiormente si verifica questo, poi che i medesimi fiumi dove essi principiano il corso loro hanno sassi di smisurata grandezza, e di vari forme angolari, & alquanto più là ne' medesimi alvei si ritrovano di mediocre grandezze, e di forme ovate, e rotonde, e simili altre; mà poi molto all'ingìù hanno i sassi assai minori, e senza anguli, e così continuando il loro viaggio si riducono in ciottolini, e finalmente in minuta sabbia, lequali cose habbiamo osservato diligentissimamente non solo ne' sodetti fiumi; mà ancora in molti altri fuori dell'Italia, laqual cosa non interviene in que' fiumi, che nascono, e scorrono solamente nelle pianure.

Poi l'Arena secondo Aristotele si genera nel Mare, perche riscaldato l'acque il salso fa un certo luto, ilquale à poco, à poco indurito si fa Arena, laquale non è altro adunque, che la grascia dell'acqua del Mare, e ciò non avviene a' Laghi, & a' Fiumi d'acque dolci, si perche non hanno crassicia in loro, ne meno sono tanto riscaldate da' raggi del Sole.

Adunque l'Arena per le dette ragioni si ritrova a' lidi del mare, essendovi portate di tempo in tempo dall'onde, e dalle fortune, altre poi si logorano, e si frangono da' monti; e da' scogli, che sono per dentro, & altre finalmente vi sono portate da' torrenti, e da' fiumi, che capitano in esso. - Aristotele 2.Anim. Cap.1 -

IN CONFERMATIONE di quello, che dice Vitruvio della sabbia, e dell'arena, Plinio raccoglie la maggior parte dicendo, - lib.2 cap.4, lib.36 cap. 22 - che elle sono di tre sorti, cioè di cava, e di fiume, e di mare; quella di cava è più netta e purgata, e grassa; e però si mette tre parti di sabbia, & una di calce; mà à quella di fiume, & all'Arena di Mare; essendo, e nell'una, e nell'altra qualche mistione di beletta, però se li da due parti, & una di calcina, e se à tutte le malte si giugne una parte di vasi, ò coppi pesti allhora farà maggior presa, laqual cosa si vede esser stata osservata molto da gli antichi, nelle mura de' loro edifici; e massime ne' pubblici.

LA NATURA è stata tanto provida nel provvedere quasi ordinatamente alle cose de' mortali, che dove non è sabbia, ò arena vi ha dato il Carbonco, ò la Pozzolana, ò il Grapillo, come in terra di Lavoro, & altrove vi genera altre cose, che suppliscono à queste, ovvero in parte al bisogno; e perciò ne' monti; e nelle montagne vi genera una certa specie di sassolini angulari, come il Grapillo, & altrove una certa beletta; in modo che, e di questa, e di quella ne potiamo cavar beneficio, e noi se ne siamo serviti in caso di bisogno.

DI QUESTE materie se ne ritrovano in molti luoghi; e specialmente ne' monti di Asolo di Trevigiana, e parimente nella parte, che guarda à sera vi è una specie di ghiaretta liscia, e rotonda, e grossa come noci, e nocciole, e di varij colori, come se fussero di torrente; e frà mezo ad essa vi è una Beletta molto più minuta, che tiene del color gialletto: della quale se ne servono come di sabbia, e fa molto buona presa rispetto alle sue qualità, non tanto convenevoli.

LE SABBIE sono di varij colori, si come sono varie le pietre dalle quali come habbiamo detto si logorano. Perche le bianche si fanno delle pietre bianche, come abbondantemente, ne sono alle ripe del Tesin; essendo che per tutte quelle mòtagne, e valli per dove egli scorre come dicessimo le pietre sono bianche marmorine; gialliccie, e rossiccie, e quelle che tirano al bruno, e color scuro sono poi fatte di pietre di varie sorti, e più dure, e più tenere, & anco di più colori. Laonde la sabbia, e l'Arena per lo più non si ritrova, ne bianca, ne rossa, ne gialla, ne oscura del tutto; per apunto ma d'un certo color misto di tutti questi; (perche come si è detto) ella è fatta di molte materie, e trà esse di varij colori. Noi lodiamo che le sabbie nelle parti della Lòbardia, e della Marca Trevigiana, e della Patria del Friuli verso i monti, che elle siano più tosto d'un color un poco rossiccio; perche saranno fatte di que' sassi, che per loro natura sono di honesta durezza, e spongiosi, & attrattivi, e perciò molto atti à far buonissima presa con la calce.

ANCORA la sabbia bianca è molto più gentile, e massime esseno fatta di pietre candide, trasparenti, e che tengono del marmo, e scintille di vetro; frà le quali è mobilissima quella del Tesin, che passa à Pavia. Alcune come di Adda ambi fiumi del Milanese, & altre molte se ne ritrovano nelle spòde dell'Adice, e della Brenta, e della Piave, e Tagliamento, e altri torrenti, e fiumi di queste nostre parti, lequali sono molto atte per far smaltature; si per la bianchezza, si ancora perche non sfenderàno così facilmente; mà à tutte le sodette prece-de di gran lunga la sabbia, che si cava nel Vicentino alla costa di Colli di Sant'Orso, i quali sono alla parte di Ponente à monte Sommano, laquale per la sua grassezza ad una parte di calcina vi si mette fino 6. & 8. parti di sabbia, & essendo di straordinaria bianchezza, e di bellissima grana; perciò riesce mirabilmente nelle smaltature reali.

QUANDO si cava molto profondo si ritrova prima il luto, e poi la sabbia; perche quello è indicio, e radice, e principio di essa. La sabbia di cava come dice Vitruvio, e ratifica anco Plinio non si ritrova in ogni luogo essendo, che frà l'Apènino, & il Mar Adriatico dissero, che non se ne ritrovava, e Plinio aggiunge, che dall'Appennino fino al fiume Pò non sia sabbia di cava, e l'uno, e l'altro asseriscono, che oltre al mare non si ritrovano sabbia di cava, e tuttavia si comprende, che dell'una, e dell'altra ne era appresso à Greci; perche Pausania dice, che i sassi di quali si diceva, che Prometeo avesse tramutato in huomini, erano di color non terreo; mà più tosto come del color della sabbia di cava, ò di torrente; cioè biggia. - Anima lib 2 c.1 : lib 2 c.4 / lib 36. c.23 / lib 10 fac 717 -

ONDE per quello, che noi habbiamo osservato la sabbia di cava non si ritrova nelle pianure vicino alle montagne sassose, ò a' monti; che perciò chiamamo pedemonti, ne anco appresso a' torrenti ove scorrono quelle acque, che molto precipitosamente scendono giù dalle montagne, nel tempo, e per occosioni delle gran piogge, e molto meno, se ne ritrova ne fiumi, ò nelle campagne, c'hanno le acque, le quali scorrono per luoghi piani, e scosti da' monti sassosi; ovvero per le paludi; e finalmente non si ritrova sabbia di cava ne' monti; essendo che certissima cosa è, che in tutti questi luoghi raccontati non vi sono mai sormontate l'acque de' fiumi, che portano seco la sabbia.

ADUNQUE per reassumer queste cose la sabbia, ò che ella si cava molto sotterra, come si dirà, ovvero che si raccoglie alle sponde de' fiumi, ò finalmente, che la ritrovamo nelle spiagge del mare; laquale dimandiamo Arena. E però la sabbia di cava è quella che hà sopra di se il terreno buono, saldo, & amassato, e molto alto, ilquale le sarà stato anticamente condotto sopra da' fiumi in molto spacio di tempo, ò così accresciutto per altri accidenti, e perciò in que' luoghi la sabbia sarà purgata, e molto perfetta: dalle continove piogge, che vi saranno passate per entro; lequali portano al basso il limo, e la beletta, & ogni altra cosa, che le possi levare la sua bontà.

E CHI considererà bene la sabbia di cava tiene del color bianchiccio, ò giallastro, ò rossiccio, ovvero scuro, & anco nericcio, secondo il color de' sassi di quelle montagne da' quali sono scesi que' torrenti, ò fiumi c'hanno anticamente potuto innondare quelle campagne, ovvero sormontare per qualche tempo, come vediamo avvenire a' tempi nostri: e dipoi siano state ricoperte dal terreno, ò sia da altra materia condottavi da qualche accidente, e poi inalciato dalla putrefattione de rovigli, e delle foglie, & alberi, e simiglianti cose della campagna.

A COSTANTINOPOLI oltre all'opinione di Vitruvio, e Plinio addopra la sabbia di cava, & quella di fiume, le quali sono bianche, & aspre come il sale commune, onde ne riesce una presa notabilissima con la calce. La sabbia di fiume non è mai del tutto pura, e netta, se non dove è sotto il sasso, ò la giara, ovvero sotto alla caduta delle acque, ò finalmente dove hà gran corso; perche in questi luoghi la beletta, e le altre cose leggieri, e minute sono portate via, & all'incontro la sabbia de' fiumi, i quali passano per le campagne, & alle basse, e vicino alla marina come il Pò, ne' Polesini è sempre mista di terra, e di beletta e fracidumi, i quali sono portati ne gli alvei dal grandissimo corso dell'acque piovane, lequali scendono quì, e là da molte parti nelle campagne.

I GRAN fiumi hanno sempre verso il loro nascimento la sabbia grossa è mista con la ghiaira; si come à mezo l'hanno mediocre; mà appresso dove sboccano nel mare molto minuta, e mista con assai beletta; perche nel corso de' fiumi le pietre si logorano, e si macinano, dimodo che divègono minutissime come habbiamo detto. L'arena del mare è detta così dalla sua aridità: essendo che ella manca d'ogni sostanza, perche non hà in se succo, ne humore; oltre che partecipa non so che della crassicia del salso; mà però non è tanto dannoso (come asserisce Vitruvio) - lib 2 c 4 - poiche per la densità non può penetrare all'indentro: e perciò quì in Venetia si addopra comunemente le sabbie, che si tolgono al nelle secche de' tre Porti nel sboccar del Mare.

IL MARE comunemente non hà Arena molto grossa: perche ò che si condensa, e petrifica quel crasso, e spiuma dell'acque, ò che ella si fragne da' monti, e da scogli, che sono là dentro, ovvero che ella vi è condotta da' fiumi, che vi sboccano dentro: laonde dal flusso, e riflusso dell'onde del mare si frange, e viene minutissima, e perciò la sabbia e più grossa dell'Arena, & anco più grave; perche non è del tutto tanto franta, e sfarinata».

Sulle sabbie

I detriti provenienti dal disfacimento delle rocce naturali, per effetto delle azioni distruttrici dell'aria, dell'acqua e del gelo, nonché dalla vegetazione e per opera della mano dell'uomo, possono aver dimensioni diverse. I più grossi ordinariamente comprendono i sassi, ed i ciottoli; allorquando i sassi, sbattuti e travolti da correnti impetuose d'acqua, come avviene nel corso dei fiumi e dei torrenti, rotolano e si logorano. I mezzani, assoggettati egualmente all'azione delle correnti, si riducono in ciottoli e ghiaia, ed i più piccoli, provenienti in massima parte dal logorio e dal consumo dei ciottoli e della ghiaia, costituiscono quegli ammassi incoerenti che comunemente si depositano nel letto dei fiumi, o sulle spiagge del mare, composti di particelle pietrose, disgiunte, di natura per lo più diversa, che prendono il nome di *sabbie*.

Dal sito dove si rinvencono le sabbie si dicono fluviali, marine e fossili, di cava (dette anche *morte*, o *di campo*), secondo che sono cavate dal letto dei fiumi, dalle spiagge del mare o dai depositi terrestri di antica formazione.

Le sabbie possono differire per la composizione chimica, come pure per la loro costituzione fisica. Esse prendono il nome di sabbie calcaree, silicee, argillose, ecc., secondo che provengano dal disfacimento di pietre calcari, silicee o argillose; o almeno vi predominano in quelle pietre quegli elementi, poichè difficilmente in natura si trovano sabbie composte di un solo elemento costitutivo. Di queste sabbie quelle che meno si addicono alla confezione delle malte sono le sabbie argillose, perchè friabili e poco resistenti; le sabbie calcaree sono adatte allorchè composte di grani abbastanza duri; le sabbie silicee, senza dubbio, riescono le migliori per la formazione di una buona malta, contribuendo con la durezza e la tenacità dei loro granelli alla resistenza della medesima.

Relativamente alle dimensioni dei grani, la sabbia si distingue in tre categorie: le arene, la sabbia comune e la sabbia fina.

Le arene hanno i grani più grossi ed angolosi; la sabbia comune ha i grani per lo più di media grossezza ed arrotondati; la sabbia fina consta invece di grani piccolissimi parimenti arrotondati. Di queste tre categorie, nella confezione delle malte, danno migliori risultati quelle a grani grossi e quelle a grani medi, cioè le arene e le sabbie comuni; le sabbie fini sono le meno pure, perchè più difficili a dilavarsi, danno malte molto secche e suscettibili a fendersi, e che poco aderiscono alle pietre. Generalmente però le sabbie non si presentano di una grossezza uniforme, amenochè non si facciano passare attraverso stacci d'opportuna larghezza di maglie; le sabbie risultanti di elementi di grossezza differente - come sono le sabbie marine - danno risultati più soddisfacenti.

Egualemente si comportano le sabbie quanto più i grani, che le costituiscono, sono angolosi e sono arrotondati: sebbene maggiore riesce la superficie dei grani, si ha però una più grande affinità col materiale legante; quindi la coesione finale delle malte, riesce tanto maggiore quanto più le sabbie sono scabre.

Le sabbie più pure per lo più sono appartenenti ad una medesima categoria, hanno i grani sciolti e piuttosto irregolari ed esenti da materie terrose; esse si riconoscono se, maneggiandole, non imbrattano le mani, se depositate in un vaso con acqua, non la intorbidiscono. Le sabbie marine presentano questi caratteri, però sono sfortunatamente cariche di sali, i quali, per la loro natura deliquescente, producono efflorescenze poco gradite e pericolose sui manufatti con esse composti. È buona regola perciò sottoporre a lavatura tanto le sabbie impure, quanto le marine, prima di confezionare le malte; lavandole, l'acqua porta con sé i residui di terra in sospensione e scioglie i sali delle sabbie marine, purificandole.

La preparazione delle malte viene effettuata, come s'è detto, impastando i leganti con acqua; e molto spesso ha anche importanza la natura dell'acqua e le sostanze che essa tiene disciolte.

Difficilmente però le malte vengono formate solamente con materiale legante ed acqua, ma più spesso, anzi normalmente, viene aggiunta anche della sabbia o consimile. Ciò si è sempre fatto perché le malte, in generale, facendo presa si contraggono producendo così delle deformazioni nei manufatti con conseguenti danni e pericoli per la loro stabilità. Inoltre i manufatti, con l'aggiunta della sabbia, dopo la presa risultano porosi, cosa che, come capiremo più oltre, può in qualche caso favorire il processo di indurimento in tutto il corpo delle strutture composte con le malte.

Fa eccezione a questi fatti il gesso, che subisce invece, durante la presa, un leggero aumento di volume, e col quale, pertanto, si possono preparare delle malte senza sabbia. La sabbia che s'impiega per la preparazione delle malte deve essere pura; non deve contenere argilla o sostanze organiche, che diminuirebbero la resistenza della malta stessa. Al massimo, (ma è possibilmente da evitare) può essere tollerato il 10% di argilla. Per lo stesso motivo è bene che la sabbia presenti una composizione granulometrica omogenea e non troppo fina.

Una malta confezionata con sabbia tutta fina ha requisiti diversi rispetto ad una malta confezionata con sabbia grossa. Infatti, una sabbia fina richiede una quantità maggiore di legante e conseguentemente una quantità maggiore di acqua: quindi, in rapporto con un impasto con sabbia grossa, essa fornisce una malta meno lavorabile, ovviamente troppo porosa per l'eccesso d'acqua nell'impasto, e perciò meno resistente.

Le sabbie migliori sono quelle di fiume o di lago: meno apprezzate sono quelle di cava, per le troppe impurezze che talvolta sedimentano in esse; inadatte quelle di mare per il contenuto di sali vari, a meno che queste non vengano abbondantemente, scrupolosamente e reiteratamente lavate, con acqua dolce, con aggravii economici non indifferenti.

Ottime sabbie si ottengono per macinazione di rocce, purché queste non siano friabili, porose o micacee. Le sabbie in ogni caso devono essere dure, vive, aspre al tatto.

La purezza di qualsiasi sabbia può essere migliorata per lavaggio; operazione con la quale si allontanano l'argilla e tant'altre materie deliquescenti. È buona cosa lasciar asciugare le sabbie prima di adoperarle nelle malte.

Il più importante requisito delle sabbie per malte, siano queste da muro o per intonaci, è l'assortimento granulometrico dei loro elementi. Una malta resistente deve essere soprattutto compatta: ossia dopo l'opera di bagnatura, rimestamento e posa in opera, deve contenere il minor numero di vuoti fra gli aggregati; e tali vuoti dovranno essere di volume il più ridotto possibile. Questo risultato si ottiene impiegando aggregati (ovvero sabbie di qualsiasi origine: di fiume, di lago, di frantoio, etc.) con opportuna composizione granulometrica.

Ognuno comprende, che quando si dice 'vuoti', s'intende quello spazio in cui alloggia la calce nella malta. L'intento ultimo, nel preparare la malta, è quello di predisporre la sabbia con un assortimento di grandezze tale da garantire il minimo dispendio di legante: e ciò non solo per una questione economica, ma per una specifica volontà dell'operatore di conferire ai manufatti il massimo della resistenza meccanica e durezza nel tempo.

A titolo di semplice esempio, basti ricordare che la sabbia fina da sola non è idonea, in quanto i numerosi granuli che la compongono presentano una grande superficie totale, per ricoprire la quale sarebbe necessaria una troppo grande quantità di calce: così pure la ghiaietta grossa, usata da sola, ha per effetto di generare molti spazi vuoti che, per essere riempiti, richiederebbero anch'essi un'eccessiva quantità di legante. Pertanto: quanto più si desidera per i manufatti una maggior resistenza, a parità d'impiego di calce, tanto più appropriata dovrà essere la scelta della composizione granulometrica degli aggregati.

Comporre una miscela nella quale le varie categorie d'inerti (aggregati) siano contenute in rapporti in peso determinati, significa realizzare la cosiddetta 'curva granulometrica' dell'inerte.

La curva granulometrica è la rappresentazione grafica, in diagramma, dei rapporti percentuali fra il peso complessivo di un campione d'aggregati ed i singoli pesi delle quantità passate in ciascun dei setacci utilizzati per il controllo degli aggregati stessi.

Per poter definire la composizione granulometrica di una sabbia (o di un aggregato in generale), occorre suddividerlo in singole frazioni granulometriche. A tale scopo viene effettuata una setacciatura del campione da esaminare, per mezzo di una serie di vagli normalizzati. Generalmente ci si serve di vagli unificati UNI, con maglie quadre di diversa luce (lato).

Poiché le sabbie per malte da costruzione si suddividono generalmente in tre classi specifiche, in funzione della grandezza dei loro granuli, ovvero:

sabbie fini:	da 0,08 a 0,6 mm;
sabbie medie:	da 0,6 a 2 mm;
sabbie grosse:	da 2 a 8 mm,

si potranno approntare tutta una serie di setacci con luce differenziata, nello spazio fra 0,08 e 8 mm, eliminando tutto ciò che si trova al disotto del minimo e sopra il massimo. Le quantità di inerte, che rimane sopra ciascun setaccio, indicano le varie classi granulometriche.

I rapporti tra queste quantità ed il peso totale del campione esaminato, moltiplicato per cento, danno i valori in percentuale delle varie classi. Con questi valori è possibile delineare la specifica curva granulometrica dell'inerte esaminato.

In questa curva le ascisse rappresentano le dimensioni dei fori dei setacci, e le ordinate esprimono, in genere, la percentuale passante in peso. Le curve granulometriche migliori si raffrontavano, un tempo, con la composizione strutturale della sabbia del lago di Massaciuccoli, in località Torre del Lago, nel Comune di Viareggio, in provincia di Lucca. Trattasi di una sabbia silicea, originata naturalmente, dal profilo rotondeggiante e composta, in curva granulometrica continua. Oggi le sabbie di riferimento sono artificialmente selezionate e sono indicate ed imposte dagli Enti di Norma.

Non sempre si può disporre di sabbie naturali caratterizzate da curve granulometriche apprezzabili, né si possono facilmente trovare altre sorti di aggregati che si possano definire idonei senza l'ausilio di diversi aggiustamenti, anche rilevanti, della relativa curva granulometrica: in tal caso gli aggregati vengono composti 'artificialmente' mediante il dosaggio ponderato di singole frazioni granulometriche, al fine di ottenere, con la somma di dette frazioni, la curva desiderata.

Ora, se come abbiamo visto più sopra, noi possiamo, con vari setacci di diversa luce, facilmente selezionare in varie frazioni, la granulometria di un qualsivoglia aggregato, sarà altrettanto facile poter ricostruire in modo arbitrario una qualsiasi curva, modificando coscientemente, in peso percentuale, le singole frazioni dell'arco granulometrico, sino ad ottenere la tanto auspicata 'curva continua'.



Una particolarità

A parità di volume, le sabbie umide sono meno pesanti delle sabbie secche, specialmente se l'acqua vi si trova nel rapporto del 2-5%, col quale essa effettivamente aumenta il volume fra i granelli della sabbia. Per dosare le sabbie, che devono entrare a comporre le malte, è necessario perciò conoscere il grado della loro umidità; alle sabbie umide non corrispondono le dosi che in via ordinaria quasi sempre si stabiliscono per le sabbie secche, giova talvolta batterle e costiparle in giusta misura, finché il loro peso riesca, a parità di volume, eguale a quello delle sabbie secche.

Il ruolo delle sabbie nella composizione delle malte non sembra del tutto perfettamente comprovato. Appare ai più, che i granelli di sabbia provochino con l'idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ un'azione chimica, la quale porterebbe come effetto finale, ad una maggior coesione nella malta. Questa opinione è avvalorata dal fatto che attorno ai granuli di sabbia, impiegata nella malta, facilmente si scorge un involucro di calce, costituito da una sottile pellicola di cui ogni granello viene avvolto, staccandolo dalla malta, avente una durezza maggiore di quella della calce circostante. È opinione di altri che le sabbie si mantengano puramente inerti a contatto con la calce $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ - da qui il nome inerti per definire gli aggregati in una malta -, e che esse sono associate alle malte meramente per diminuire il costo delle calcine o per opporsi al notevole ritiro delle medesime, allorché si disseccano; o al più per aumentare la porosità dei manufatti e favorire l'assorbimento dell'anidride carbonica (CO_2), che determina la presa e l'indurimento con la ricomposizione in carbonato di calcio (CaCO_3) per effetto del processo di carbonatazione. Ma in tal caso, allora, dovrebbe essere inutile adoperare una sabbia silicea piuttosto che una argillosa: si potrebbe addirittura sostituire alla sabbia un qualsiasi altro aggregato per ottenere i medesimi effetti, ciò che effettivamente vien smentito dall'esperienza.

Nella seguente tabella si hanno alcuni dati utili, corrispondenti a sabbie naturali silicee senza costipamento:

Sabbia	stato secco		stato umido	
	maglie cm^2	Kg/litro	volume vuoti	Kg/litro
Sabbia finissima	324	1.230	0.526	0.926
Sabbia fina	121	1.300	0.497	0.996
Sabbia media	56	1.418	0.455	1.170
Sabbia grossa	20	1.450	0.439	1.315

Le impurezze da evitare negli aggregati

Le impurezze che possono essere contenute nelle sabbie influiscono in modo negativo sulle resistenze delle malte e possono provocare numerosi ed indesiderati inconvenienti, come sfioriture, rigonfiamenti, fessurazioni, ecc. Molte sono queste impurezze che si possono trovare negli aggregati: il limo, l'argilla, sostanze organiche, l'humus, residui di carbone, di calce, varie forme di zolfo e altri sali deliquescenti. Le impurezze che si rilevano con maggiore frequenza sono costituite da sostanze organiche e da parti argillose.

L'azione nociva delle sostanze organiche, nei confronti delle malte, è di natura chimica. Esse intervengono nel processo di idratazione dei leganti idraulici rallentando, o talvolta impedendo, i fenomeni di presa e di indurimento. L'azione nociva dell'argilla è invece di natura fisica. L'argilla, se presente, forma uno strato inerte tra la pasta del legante ed il granulo dell'aggregato, impedendone l'aderenza. Pertanto, prima dell'uso, gli inerti andrebbero analizzati per verificarne il contenuto di sostanze organiche o argillose.

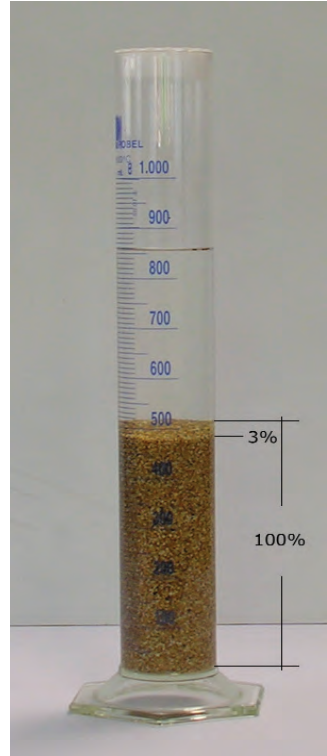
Ecco i metodi più semplici usati in cantiere per la determinazione delle impurezze più comuni:

1. Verifichiamo la presenza dell'*argilla*: si riempia con la sabbia (inerte) in esame, un cilindro di vetro graduato di 1 litro, fino all'altezza di 500 cm³ e s'aggiunga acqua pulita fino al segno dei 1000 cm³. Si chiuda il contenitore e si agiti energicamente per tre o quattro volte, attendendo tra volta e volta, 15 minuti circa. Dopo aver agitato il contenitore per l'ultima volta, si lasci riposare per un'ora, quindi si valuti lo spessore dello strato argilloso depositatosi al di sopra della sabbia.

Se lo spessore del deposito d'argilla supera il 3% dell'altezza totale (sabbia + argilla) è indizio che la sabbia, così com'è, potrebbe costituire un pericolo per i manufatti formati con le malte composte con quello specifico aggregato.

2. In modo analogo si può procedere per determinare le *impurità organiche*: si riempia con la sabbia da esaminare, il cilindro di vetro graduato, fino alla tacca relativa a 130 cm³; si aggiunga una soluzione di soda caustica al 3% (ovvero 30 grammi di NaOH, in 970 cm³ di acqua distillata), fino a portare il volume complessivo (sabbia + liquido) a 200 cm³. Si agiti con energia e si lasci riposare per 24 ore.

Se la soluzione sovrastante la sabbia si presenta incolore o di un color giallo paglierino poco intenso, si può affermare che la sabbia è praticamente esente da impurezze organiche e quindi si può tranquillamente utilizzare. Per contro, se il liquido si mostra di color rosso-bruno è indizio che la percentuale di sostanze organiche è tale da indurre l'operatore a lavare a fondo la sabbia prima d'utilizzarla. Nel dubbio, si porti un campione di sabbia nel Laboratorio della Scuola affinché si possa disporre di controlli più specifici.



Nota di cantiere

Le sabbie silicee sono da preferirsi per la loro resistenza all'aggressione chimica, ma sono di difficile frantumazione. Le carbonatiche sono più facili da trovarsi nella granulometria voluta poiché si lasciano facilmente frangere, ma sono più deboli e vulnerabili.

Una breve nota sul fuso di Fuller

Avendo a disposizione diverse granulometrie di aggregati e conoscendone il loro passante, si può determinare quale sia la curva più appropriata, che dia il massimo della costipazione degli aggregati (curva continua), compatibilmente con le frazioni a disposizione. Per quanto riguarda il legante questo dovrà ritenersi passante tra 0 e 100 micron.

Per esempio: Supponiamo di dover costruire la curva granulometrica di una malta da intonaci che abbia un aggregato con arco granulometrico che vada da 100 a 2000 microns, ovvero da 0.1 a 2.0 mm. La parte sotto i 0.1 mm, sia riempita dalla calce.

Supponiamo di disporre di 4 frazioni granulometriche:

d1 0.1 0.3 mm

d2 0.3 0.7 mm

d3 0.7 1.2 mm

Dm 1.2 2.0 mm

% Passante in volume = $[\frac{dn}{Dm}] \cdot 100$

dove dn è il massimo passante di ogni frazione, e Dm è il massimo passante della frazione massima, della quale il rapporto su sè stesso vale 100.

$[\frac{0.3}{2.0}] \cdot 100 = 38$

$[\frac{0.7}{2.0}] \cdot 100 = 59$

$[\frac{1.2}{2.0}] \cdot 100 = 77$

$[\frac{2.0}{2.0}] \cdot 100 = 100$

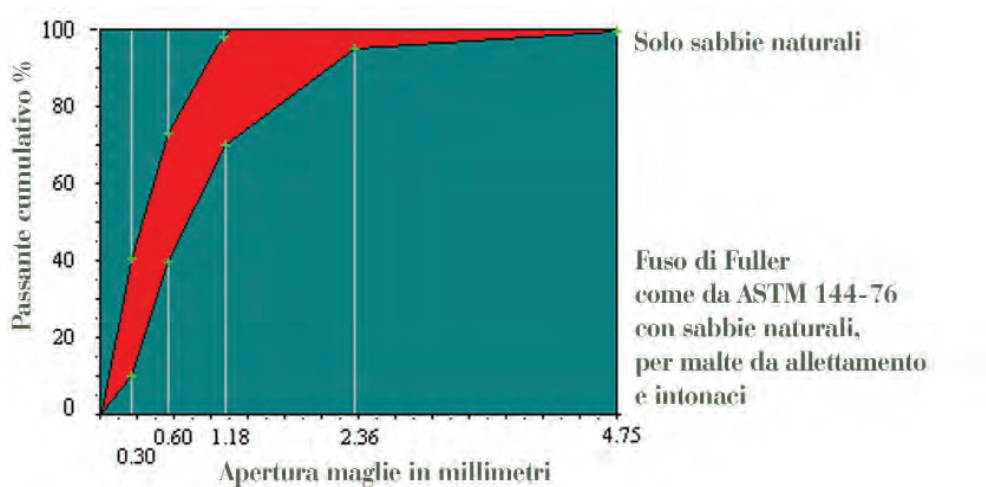
da ciò i passanti (a partire da zero):

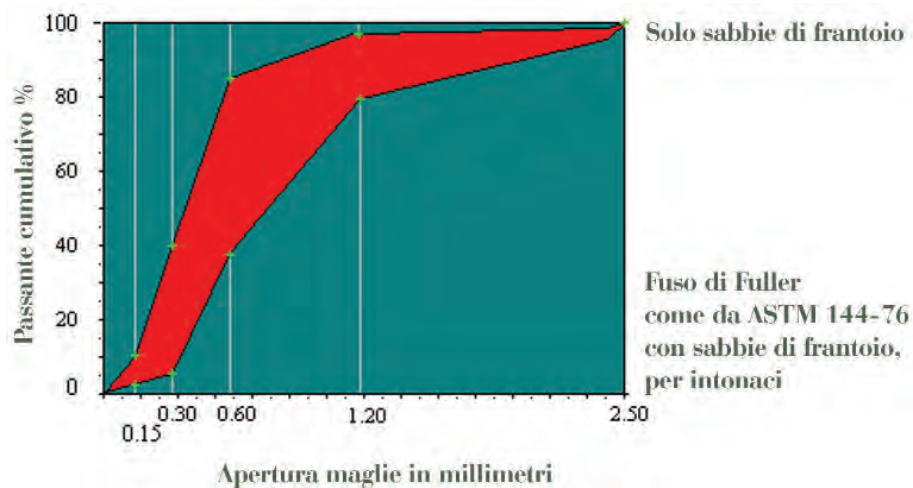
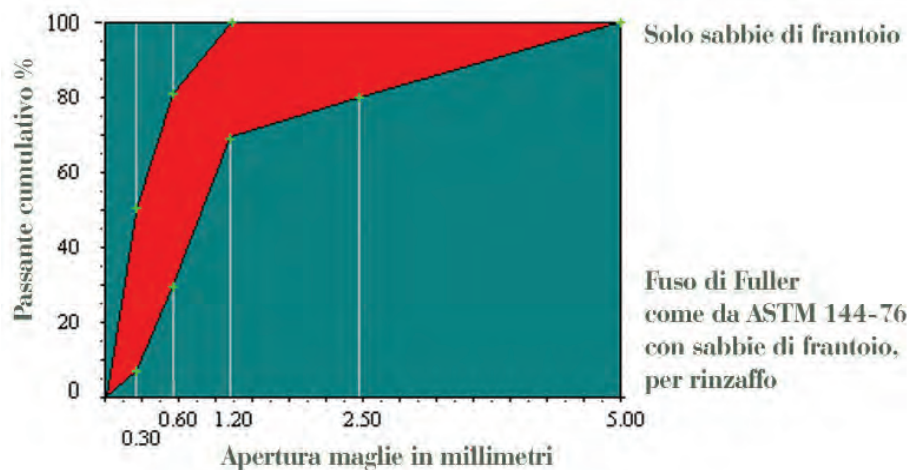
calce	20 % (volume empirico)
d1	38 % (volume calcolato)
d2	59 %
d3	77 %
Dm	100 %

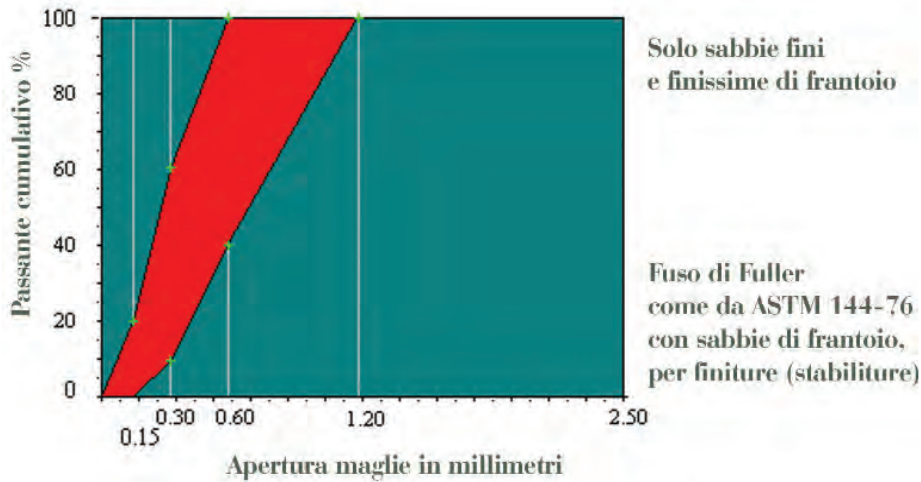
Traducendo i rapporti in scarti percentuali, per avere la composizione della malta, si ha:

da 0 a 20,	20% legante
da 20 a 38,	18% d1
da 38 a 59,	21% d2
da 59 a 77,	18% d3
da 77 a 100,	23% Dm
tot 100%	

Ecco qui rappresentate le curve di Fuller standard secondo l'ASTM:







Un metodo empirico, tradizionale

Un sistema empirico, ma efficace, per determinare il rapporto fra le differenti frazioni granulometriche delle sabbie a disposizione, praticato diffusamente nel laboratorio della scuola, per la preparazione delle malte, è il seguente.

Si acquisiscano un certo numero di qualità di sabbie selezionate per frazione granulometrica continua (non meno di tre), che coprano l'intero arco granulometrico da noi voluto.

Esempio: si vuol preparare una malta per intonaci che contenga il massimo granulometrico di 3 mm.

Acquisterò 3 tipi di sabbia:

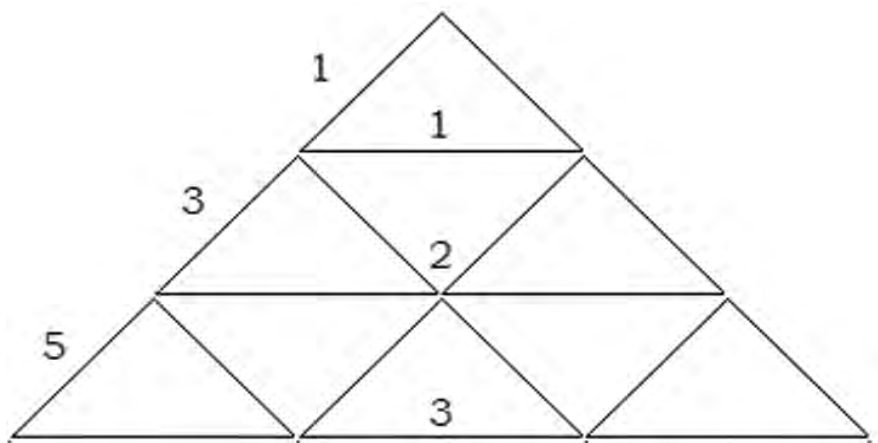
la sabbia fina con granulometria da 0,1 a 1 mm;

la sabbia media con granulometria da 1 a 2 mm;

la sabbia grossa con granulometria da 2 a 3 mm.

Con quale rapporto dovrò mescolarle, fra loro, le 3 sabbie, per avere una buona risposta rispetto alla curva di Fuller?

Si disegni un triangolo e si suddivida l'altezza in parti uguali alle frazioni acquistate, che nell'esempio sono 3.



Mescolare le 3 sabbie (secondo il numero di triangoli per sabbia) con il rapporto di:

1 parte di sabbia grossa da 2 a 3 mm;

3 parti di sabbia media da 1 a 2 mm;

5 parti di sabbia fina da 0,1 a 1 mm.

Se, per esempio, le sabbie scelte fossero state 4 (dividendo l'altezza del triangolo per 4), il rapporto fra loro, secondo il criterio suesposto, sarebbe stato:

1 parte di sabbia grossa;

3 parti di sabbia medio-grossa;

5 parti di sabbia fina;

7 parti di sabbia molto fina.

A conti fatti, raffrontando i risultati sui relativi fusi di Fuller, le risposte sono più che soddisfacenti.

Nota di Bottega

Il miglior rapporto fra legante e sabbie.

Le malte si dicono piene allorquando la calcina, che in esse si trova, è sufficiente a riempire tutti i vuoti che esistono fra i grani di sabbia.

Dovreste provare un'esperienza assai semplice che serve a determinare, in modo sufficientemente esatto, le proporzioni di calcina e di sabbia che sono necessarie per dare una malta piena che sconiuri eccessivi ritiri con conseguenti inaccettabili cavillature.

Si riempia un vaso, di capacità nota, con sabbia convenientemente asciutta e livellata, e vi si versi sopra la quantità d'acqua necessaria finché il suo livello giunga alla superficie superiore della sabbia.

Il volume dell'acqua versata rappresenta sufficientemente bene il volume della calcina in pasta da mettersi in mescolanza colla sabbia posta nel vaso. Il legante può riferirsi a grassello di calce aerea o ad una calce aerea idrata in fiore bagnata o ad un impasto bagnato di calce idraulica naturale.

Alla fine dell'esperimento, i volumi di calcina e di sabbia corrispondenti, risulteranno agevoli da dedurre, mediante una semplice regola di proporzione per una qualsiasi quantità di malta da preparare.

Va avvertito lo sperimentatore, che nel caso si usino leganti in polvere come la calce aerea idrata in fiore (in polvere) o la calce idraulica naturale (ancora in polvere), si dovrà tener conto della sola quantità di polvere impiegata, sottraendo il volume d'acqua servita all'impasto del legante scelto; ciò perché all'atto della preparazione della malta, questa sarà mescolata con la sola polvere di legante e sabbia: l'acqua viene aggiunta in seguito, all'atto della preparazione dell'impasto.

L'esperienza della pratica però è quella che quasi sempre regola le dosi degli ingredienti, in relazione alle resistenze che si vogliono ottenere, tenendo presente che si ottengono malte aeree, accoppiando la calce grassa con la sabbia, malte idrauliche, unendo calce grassa e pozzolana, oppure calce leggermente idraulica naturale e pozzolana, cosippure calce eminentemente idraulica e sabbia. Fatti perciò diversi saggi, si osservi come questi si comportano, sia rispetto alla durata della presa, sia rispetto la resistenza che essi acquistano col passar del tempo.

Le calci comuni o aeree, esposte all'aria, si disseccano e si induriscono dopo il dovuto tempo. Concorrono alla presa delle malte comuni il loro disseccamento, dovuto alla naturale evaporazione dell'acqua ed il conseguente assorbimento dell'anidride carbonica dell'aria, che converte nuovamente l'idrato di calcio in carbonato; come si disse, la qualità delle sabbie è estranea alla presa. L'esperienza dimostra che la presa si manifesta dapprima col disseccamento per evaporazione, e che il fenomeno di carbonatazione si spinge lentamente dalla superficie esterna, a contatto con l'aria, verso la parte più interna del manufatto. Quanto più è grande lo spessore delle strutture murali, tanto maggiore è il tempo impiegato perché la presa possa estendersi sino al nucleo delle mura; anche perché altrettanto preclusa all'anidride carbonica è la via per penetrare nell'interno delle masse murali. Si hanno esempi di malte non completamente consolidate dopo secoli che sono state impiegate e mantenute in condizioni di isolamento. L'Alberti annota d'aver trovato, allo stato pastoso, la malta di una fondazione costruita 500 anni prima.

Le malte idrauliche, che si impiegano anche sott'acqua, devono la loro presa a una causa ben diversa da quella delle malte aeree. Qui l'idrato di calcio ed il silicato d'allumina, in presenza d'acqua, si combinano, e la formazione di prodotti idraulici, quali gli idrosilicati di calcio, ne determinano la presa.

Per le malte idrauliche che si adoperano all'aria la presa ha luogo per il doppio fatto della ricostruzione del carbonato di calcio dovuto all'effetto dell'anidride carbonica nell'aria, e della formazione di silicati ed alluminati di calcio causati dalla presenza dell'acqua d'impasto contenuta nelle malte.

Nelle costruzioni le malte possono essere assoggettate a sforzi di trazione ed a sforzi di compressione. Gli sforzi di trazione si devono allo scorrimento fra i giunti, ovvero al distacco normale di due piani di giunto.

Dall'indagine su provini riproducenti malte del passato l'esperienza ha dimostrato che una malta comune, ben composta, resisteva a $0,7 \text{ Kg/cm}^2$ allo scorrimento, e da 1 a 2 Kg/cm^2 alla trazione per distacco normale dei due giunti; e come carico di sicurezza in pratica conveniva assumere da 3 a 5 Kg per cm^2 per le malte comuni sottoposte a compressione; e da 5 a 8 Kg/cm^2 per le malte idrauliche.

Nella seguente tabella sono indicate le resistenze alla compressione (Kg/cm²) di alcune qualità di malte:

	Tipo malta	Kg/dm ³	a 18 mesi	a 16 anni ed oltre
1	Malta di calce e sabbia di fiume Stessa malta, battuta	1.63	30.7	-
		1.89	41.2	47.0
2	Malta di calce e sabbia fossile Stessa malta, battuta	1.59	40.7	-
		1.90	56.2	-
3	Calce grassa e cocchiopesto Stessa malta, battuta	1.46	47.6	-
		1.66	65.3	81.4
4	Malta di calce e pozzolana romana Stessa malta, battuta	1.32	34.4	-
		1.41	44.9	51.2
5	Pavimento, calce e lapillo napoletano	1.09	47.2	56.4
6	Antico intonaco romano (calce/sabbia)	1.55	-	76.1
7	Allettamento antico muro (calce/sabbia)	1.41	-	70.8
8	Malta semplice di gesso	1.23	49.6	-
9	Calce ordinaria e sabbia grossa	-	19.0	-
10	Malta debolmente idraulica	-	74.0	-
11	Malta 'Porcellana'	-	144.0	150.0

Qui di seguito si vedono i risultati della prova di resistenza su un saggio di malta idraulica composto di calce forte d’Albettone (idraulica naturale) e sabbie carbonatiche di frantoio con granulometria calibrata in curva sufficientemente continua da 40 a 3000 μm .

Saggi di controllo eseguiti a:

Giorni	Kg/cm ²
50	38.75
75	39.42
90	48.07
105	53.79
130	67.62
150	72.13
165	75.34

Le malte idrauliche, come la suaccennata, sono spesso composte di calce grassa mescolata a sabbia e pozzolana, o più semplicemente con sola pozzolana (naturale o artificiale); oppure si possono ottenere con buone calci idrauliche naturali, miste a sabbia. Le proporzioni da adottarsi sono ordinariamente quelle esposte nelle seguenti tabelle, come rilevato da capitolari d’archivio e da prontuari di cantiere dell’Ottocento.

Si leggano le composizioni verticalmente nelle colonne.

Calce magra magnesiaca	1			2							
Calce grassa		2			2	1	1				
Calce debolmente idraulica			2								
Calce idraulica naturale forte								1	1		
Pozzolana di Roma	2	5	3								
Pozzolana di Bacoli				5	5	1			1		
Sabbia silicea						2		3			
Cocciopesto							3		2		

Grassello di calce	2	4	1	2			2	1			
Calce aerea in polvere											1
Calce aerea viva					1						3
Calce debolmente idraulica										1	
Calce idraulica naturale forte						4			1		
Pozzolana di Roma								3			
Pozzolana di Bacoli						2				1	16
Sabbia silicea	3	3	1	1		1			2	2	
Cocciopesto	1	3	1	2	2		3		1		
Acqua											4

2. - Della preparazione del muro

Le operazioni da eseguire su superfici murali vecchie, costruite con mattoni o pietre assorbenti, sono qui di seguito elencate:

- Si indagli sulla bontà del vecchio intonaco percuotendone col mazzuolo la superficie; se l'intonaco risuona 'a vuoto' è segno che questi è decoeso ed andrebbe rimosso; se al contrario esso emette un suono sordo è indice che è ancora ben saldo, e pertanto dev'essere valutata l'ipotesi di poterne salvare qualche 'isola'. Di norma, quando la superficie ancora salda non supera il 40% dell'intera area indagata, l'intonaco va totalmente scaniato e rifatto, amenoché su quegli esigui lacerti non si trovino memorie che si vogliano assolutamente mantenere.

- Si scrosti il vecchio intonaco cadente per mezzo d'una martellina.
- Si insista con scalpello e mazzetta laddove le croste mostrano più resistenza.
- Si allontanino polveri e quant'altro rimasto sulla superficie con una scopa dura di saggina.

- Eventuali efflorescenze saline vanno rimosse ‘a secco’ con solide brusche di saggina asciutta o spazzole di metallo.

- I mattoni rimasti a lungo scoperti alle intemperie, andrebbero energicamente spazzolati con una brusca di saggina bagnata in una soluzione al 10% di acido cloridrico.

Tale operazione ha il vantaggio di neutralizzare le sostanze acide annidatesi nelle porosità dei mattoni, nonché il vantaggio di rendere la superficie dei mattoni più scabra e più adatta all’adesione delle nuove malte. Si avverte che le spazzolature di acido cloridrico vanno, sempre e comunque, successivamente lavate accuratamente.

- Si bagni abbondantemente la superficie da reintonacare, comprese le ‘isole’ di vecchio intonaco non rimosso.

Va avvertito l’operatore distratto, che i vecchi intonaci, specialmente se secchi, sono avidi d’acqua e pertanto, se non ben bagnati, potrebbero ‘bere’ tutta l’acqua d’impasto delle malte poste in loro adiacenza, provocando antiestetiche e pericolose fenditure sul punto di contatto fra le vecchie croste ed i nuovi intonaci.

Nei climi particolarmente caldi e ventosi, si procuri di bagnare, la sera, la porzione di muro non ancora intonacata, e si ripeta l’operazione, il mattino, prima di riprendere il lavoro.

Attenzione

Lavare le efflorescenze saline con getti d’acqua o con spazzole bagnate, significa talvolta rimettere in soluzione i sali e non riuscire ad allontanarli più dal muro. Si consiglia di lavorare ‘a secco’.

3. - *La stesura dell'intonaco*

- Sui fondi ancora umidi si stenda con forza e col solo movimento del polso, la malta di rinzafo, che dovrà essere leggermente più grassa del solito e contenere un inerte grossolano, che prepari un supporto scabro e garantisca così l'adesione dell'arricciato che seguirà.

- Si mescoli la malta, a mano o in betoniera, con la massima cura, in modo che calce e sabbia s'impastino fra loro perfettamente. Il tralasciare tale accortezza è causa talvolta di indesiderati addensamenti di calce in qualche luogo e di sabbia in qualche altro, condizione questa che rende l'intonaco suscettibile di cavillarsi vistosamente e di sfarinare contemporaneamente.

- Stendere l'arricciato quando il fondo di rinzafo è ben fermo ed appena umido. E se non lo fosse, lo si bagni di nuovo prima di proseguire col lavoro.

Non si tenti mai di raggiungere lo spessore voluto con una sola passata di malta sormontando ad una cazzuolata la successiva. Un siffatto modo di procedere potrebbe far 'calare' le malte sul muro, evidenziandone il difetto con vistose crepe orizzontali. La malta va posta lanciando una cazzuolata accanto all'altra, raggiungendo lo spessore voluto con passate successive, ripetute quando la mano precedente da segno di 'tirare', ovvero quando essa è ferma, ma ancor umida.

Il Barbaro, nel suo 'Vitruvio tradutto & commentato', raccomanda sempre che il precedente strato sia perfettamente secco prima di sovrapporre il successivo: e ciò, pur dilungando i tempi di tonacatura, porta sempre ai migliori risultati.

- Dovendo approntare intonaci dal rilevante spessore, a causa dell'eccessiva irregolarità delle pareti, si dovranno applicare le malte a più strati sino al raggiungimento dell' *a piombo* desiderato. S'abbia l'accortezza, in questi casi, di seguire alla lettera i consigli del Barbaro e attendere che lo strato precedente sia ben asciutto prima d'applicare il successivo, avvertendo che lo strato ben secco sia abbondantemente bagnato prima di stendere la successiva mano. Intonaci dello spessore di 4 o 5 centimetri, se posti in opera, con premura, senza seguire questa regola, sono destinati ad aver poca fortuna e pericoloso futuro.

Aggiungo, che ricercare necessariamente l'appiombo è cosa non sempre gradita. Le superfici verticali esterne, di edifici storici nel borgo, che si mostrano imperfette ed ondulate, andrebbero assecondate con gli intonaci in tutta la loro caratteristica imperfezione.

- Si tiri infine l'intonaco, a filo, con lo staggio, e si rabbocchi ove fosse richiesto. Si proceda a passare col frattazzo o col pialletto, tutta la superficie intonacata quando questa sta 'tirando' ed è ancor umida. Ci si aiuti nell'operazione spruzzando leggermente un po' d'acqua con una pennellessa tenuta nella mano opposta a quella che tiene il frattazzo. Ammorbidire il fondo con l'acqua durante la frattazzatura consente di avere delle superfici estremamente lisce e piane, nonché di ricucire eventuali cavillature od imperfezioni che siano occorse a causa dell'impreciso uso dello staggio.

Per la preparazione delle malte e la stesura degli intonaci si scelgano preferibilmente giornate fresche e non tormentate dalla calura: anzi, le giornate primaverili o autunnali, ove l'aria è pungente, sarebbero ideali per i lavori fatti con la calce. Più fresco è, e meglio le calci fanno presa, poiché queste trattenendo più a lungo l'acqua, si asciugano favorevolmente in tempi più lunghi.

La tradizione vuole che l'ultimo strato d'intonaco sia composto da una sottile mano di calce dolce e sabbia, stesa sull'arricciato allo scopo di portare la superficie, da tinteggiare, ad un maggior grado di planarità e finezza. Questo tonachino, che molti chiamano 'arriccio' o 'stabilitura', dovrà necessariamente essere composto di calce dolce, ben stagionata, in modo che i colori, ad esso sovrapposti, non debbano patire della presenza dei composti idraulici contenuti nella calce forte del sottostante intonaco.

Per aver garantite la brillantezza e la trasparenza dei colori a calce, non occorre che i tonachini di stabilitura siano di spessore rilevante: anzi, più sottili sono e più solleciti saranno i risultati dei fenomeni di adesione idraulica al substrato e di carbonatazione del sottile strato di calce dolce che compone il tonachino stesso.

Mura d'inverno e
murerai in eterno.
(ovvero: una volta per tutte)

4. - L'Arriccio di stabilitura colorato

Qualora vi fosse la volontà di colorare le facciate, non a pennello, ma con la stesura di maltine di arriccio già colorate nell'impasto, non v'è allora il bisogno di stendere il fondo di stabilitura di cui s'è detto sopra.

- Si uniscano alla calce i colori precedentemente stemperati nell'acqua, e si mescoli il grassello sinché l'impasto sia ben omogeneo e non presenti striatura alcuna.
- All'impasto s'aggiunga una parte e mezza di buona graniglia di marmo bianco e si rimesti sino ad ottenerne una maltina ben grassa e cremosa, pronta per esser applicata.
- Per rendere il lavoro più sollecito si potrà aggiungere un bicchiere di olio di lino cotto per mastelletto di grassello di calce da unirsi al colore.
- E per ottenere che il lavoro riesca solido al contatto si aggiungano, assieme all'olio, 3 bianchi d'uovo ogni 30 chilogrammi di grassello (1 mastelletto), e si unisca il tutto con diligenza prima d'avviar il lavoro.
- In luogo dei bianchi d'uovo, per aver lo stesso risultato, si potrà aggiungere all'impasto poca o punta colla di carniccio o di pesce stemperata a bagnomaria ed allungata col latte caldo.

Gli arricci colorati si stendono, a Regola d'Arte, in due mani. Si stende la prima mano come fosse una stabilitura; e si finisce quindi, col secondo strato, lavorando di frattazzo di feltro sino a ridurre la superficie colorata ad un piano liscio e vellutato. Pur essendo gli arricci colorati meno trasparenti delle tinteggiature a calce, stese a pennello, essi resistono più a lungo nel tempo: o almeno così sembra. Quando questa finitura, accidentalmente si dovesse deteriorare in superficie, essa continua a mostrare il colore originario in tutto il suo strato, simulando così una maggior resistenza all'oltraggio del tempo.

5. - *Gli additivi storici*

Questo breve articolo è indirizzato a tutti coloro che son convinti che in passato le materie fossero ‘pure’ al punto da non abbisognare d’additivi d’alcuna sorta.

Leggasi da un capitolato d’archivio del 1897.

«Restauro alla cupola al campanile.

Imbiancatura alla gugia con calce sciolta nel vino bianco e albume d’uova, seconda mano di imbiancatura come sopra, terza mano di imbiancatura come sopra.

Il vino bianco da impiegare nell’imbiancatura sarà puro d’uva, non difettoso, nulla importando sebbene di qualità piccolo ossia leggero. L’albume da adoperarsi nell’imbiancatura sarà prima ben sbattuto nel vino bianco, come pure il sapone da usarsi nella stabilitura sarà prima sciolto nell’acqua.

Ultimata ed asciugata la stabilitura vi si darà una prima imbiancatura, ed appena asciutta questa ve se ne darà una seconda. Per l’imbiancatura si userà calce spenta e sciolta nel vino bianco con entro n 500 albumi d’uovo ben sbattuto nel vino prima di stemperarvi la calce».

Aggiungo, qui sotto, un altro esempio di uso di additivi naturali nella preparazione di malte da intonaco.

Nel giornale ‘Antologia ????? ???????’, stampato e distribuito in dispense mensili, sin dal giugno del 1778, tra le più distese notizie sulle *Belle Arti*, al capitolo *Arti Utili*, oltre a disquisire diffusamente sui segreti dell’ingegnoso Sig. Lorient, si trova un singolare suggerimento (ma non troppo) sul come preparare un intonaco, che, secondo l’autore, non trova l’eguale per durezza e longevità.

Num. XXXII. 1781. Febbraio

«In un giornale impresso a Parigi prescrivasi il seguente metodo d’intonacare i muri, come il più semplice, il più durevole, ed il più gradito alla vista. Si prendano dosi eguali di calce magra, e di calce grassa, e si facciano sciogliere in un’acqua, dentro di cui siasi fatta precedentemente bollire una gran quantità di pigne di abete. Chiarificata che sarà la calce, si applicherà sul muro con una scopetta, e si lascerà quindi seccar l’intonaco, senza più toccarlo né con cazzuola, né con altro.

Esso né si crepolerà né si distaccherà per lunghissimo tempo, ed acquisterà prestissimo una durezza, e una consistenza superiore a quella di tutti gli intonachi finora adoperati. Il castello di Bursinel posto in uno de' più deliziosi siti delle sponde del lago di Ginevra fu tonacato 18. anni sono in questo modo; e sembra esserlo stato a chi lo riguarda pochi giorni prima; tanto esso si è ben mantenuto».

Nota di Bottega:

Nel 1300, prima dell'avvento della tecnica ad olio, perfezionata dai pittori fiamminghi, i colori si diluivano con il tuorlo d'uovo o il latte di fico (addensanti). Per rendere di più facile uso le tempere molto viscosi, invece, si utilizzavano birra e vino (diluenti).

Il vino nella calce abbassa il PH. Infatti, lo sviluppo di CO₂ ha bisogno di ambiente acido, non basico; pertanto il decadimento del materiale organico era favorito con produzione di CO₂, accelerando il processo di carbonatazione.



Si noti che l'uso di additivi organici naturali si è protratto sino a tempi molto vicini a noi, fino a farsi cambiare quasi totalmente con prodotti di sintesi. Nonostante ciò, oggi, alcuni produttori di finiture superficiali insistono coll'antichissima pratica dell'aggiunta di materie naturali col fine di modificare e migliorare le caratteristiche fisico-applicative delle malte e le finiture da muro. Ecco qui di seguito una lista di additivi storici ed i relativi prodotti moderni che li hanno soppiantati:

AERANTI - Migliorano la lavorabilità: Malto, birra, urina, pelo animale.

RIEMPITIVI - Migliorano le resistenze meccaniche: Colla di pesce, gomma arabica, talco, zucchero, glutine, riso.

ANTICONGELANTI - Migliorano la resistenza al gelo durante la presa: Zucchero.

ACCELERATORI DI PRESA - Accelerano la presa e sviluppano velocemente le resistenze meccaniche: Bianco d'uovo, corteccia d'olmo, succo di fico, lardo di suino, cagli, sangue animale, amido.

ADESIVI - Migliorano l'adesione, ovvero la 'ritentiva':

Resine vegetali, gelatina, colla animale, cuoio bollito, glutine, caseina, sangue animale.

AERANTI, GENERATORI DI GAS - Accentuano la dilatazione durante l'applicazione: Colla vegetale, colla animale.

ANTIRITIRO - Riducono i ritiri: Cera d'api, pelo animale.

LEGANTI - Temperanti: Cheratina, caseina, corteccia d'olmo, pigne bollite, fibre vegetali, pelo animale, olio di noce e di lino, riso, albume, gomma arabica, colle varie, succo di fichi, tuorlo d'uovo, zuccheri vari.

IDRAULICIZZANTI - Causano una presa idraulica: Pozzolana, cocchiopesto, caolino torrefatto, muriato di soda.

IMPERMEABILIZZANTI - Repellono l'acqua: Colle animali varie, tannino, bitume, emulsione di cera, emulsione d'olio.

FLUIDIFICANTI - Riducono il fabbisogno d'acqua: Zucchero.

INDURENTI - Incrementano le resistenze al contatto: Zucchero, sangue animale, albume d'uovo, sciroppi di frutta.

STABILIZZANTI EMULSIONANTI - Stabilizzanti in emulsioni: Uovo, olio, grasso, cera.

RITARDANTI - Ritardano il tempo di indurimento (tempo aperto): Zucchero, sangue, albume, saccarina, glutine, borace.

ISPESSTORI - Ispessiscono; danno consistenza nell'emulsione: Sangue, latte acido, caseina, formaggio, gelatina, gomma arabica con acqua.

Le sostanze organiche, additivate nel passato, hanno evidenziato problemi di una certa vulnerabilità all'attacco biologico e alla solubilità, con qualche incertezza nei risultati.

È dimostrato che gli additivi di sintesi, moderni, sono più selettivi nella loro funzione e garantiscono risultati più puntuali e duraturi.

Tipologia	Additivo organico	Problema
Leganti	Resina	Ingiallisce
Aeranti	Urina	Crescita licheni
Plasticizzanti	Olio di semi di lino	Scarsa resistenza basse temperature
Rinforzanti Temperanti	Tannino	Solubile in acqua
Riempitivi	Sangue	Produce macchie scure
Impermeabilizzanti	Caseina	Scarsa resistenza all'idrolisi

Ecco alcuni prodotti di sintesi alternativi che risolvono alcune delle problematiche descritte:

TIPOLOGIA

ADDITIVO sintetico

Leganti

Resine epossidiche

Aeranti

Ossido di polietilene

Plasticizzanti

PVA, copolimeri acrilici

Rinforzanti, temperanti

Emulsioni acriliche

Riempitivi

Silicio pirogenico

Impermeabilizzanti

Siliconici

Una piccola prova d'Arte:

Nel caso si volesse rimettere in pristino un manufatto in pietra con uno stucco, che dopo un mese dall'applicazione diventi tenace come il granito e che possa essere usato anche come legante cementante per il consolidamento delle murature (fori, cavità, volumi mancanti, ecc.), si prepari un amalgama così composto:

Marogna	parti 10
Litargirio	parti 8
Calce spenta	parti 5
Olio di lino cotto	parti 6
Minio	parti 1
Ossido di zinco	parti 1

Glossario:

Marogna. Altro non sono che i cascami della fusione dei metalli. Quando questi cadono dai crogiuoli in zampilli e toccano il suolo, repentinamente mutano la loro natura in un prodotto pozzolanico fortemente reattivo. Tale materia, se ridotta in polvere, mista a calce, conferisce alla medesima spiccate caratteristiche di presa idraulica. In alcuni luoghi la Marogna viene chiamata Maciaferro.

Litargirio. Ossido di piombo. Polvere cristallina gialla (o giallo-rossastra), pesante. Insolubile nei comuni solventi è solubile in acido nitrico.

Minio. Nell'antichità e medioevo era usato come colorante rosso, utilizzato anche in pittura. Il minio, detto anche Cinabro, è un ossido di piombo, rosso vivo, utilizzato per la preparazione di vernici, tinteggi antiruggine e stucchi di particolare uso.

6. Consolidamento superficiale

Il consolidamento superficiale è generalmente realizzato applicando un prodotto opportuno attraverso la superficie esterna del materiale, cercando di farlo penetrare in profondità. Il consolidamento può essere applicato a livello di micropori e microfessure, o a livello di scaglie e sfoglie.

Scopo del consolidamento è migliorare la *coesione* tra i componenti del materiale da consolidare, la *adesione* tra le parti deteriorate e quelle ancora sane e, di conseguenza, la *resistenza del materiale agli sforzi meccanici*. Tale scopo si raggiunge facendo riaderire le parti decoese, fino al livello del singolo cristallo.



Requisiti necessari perché un prodotto agisca da consolidante

- Il prodotto consolidante deve agire come un adesivo, aderendo alle superfici dei componenti minerali.
- Deve essere *liquido*, deve *penetrare in profondità entro la rete capillare*, deve bagnare le superfici da ricongiungere e, successivamente, si deve trasformare in una *sostanza solida*.

Requisiti necessari affinché l'intervento sia compatibile con le caratteristiche estetiche del materiale e utile alla sua conservazione

- Non deve modificare il colore, né le altre caratteristiche ottiche della superficie da trattare.

- Deve essere uniformemente assorbito per una profondità sufficiente a raggiungere le parti interne del materiale, in genere meglio conservate di quelle esterne, senza la formazione di croste superficiali, che tendono facilmente a distaccarsi dal substrato e a cadere.
- Deve ricostituire una buona continuità tra le parti deteriorate e quelle ancora ben conservate. E deve migliorare la resistenza agli sforzi meccanici, applicati sia dall'esterno che all'interno della rete capillare.
- Non deve occludere completamente gli spazi porosi lasciando il materiale trattato ancora sufficientemente permeabile al vapor d'acqua, in modo da permettere la fuoriuscita dell'acqua che eventualmente penetrasse al di là della zona impregnata.
- Non deve aumentare (o aumentare il meno possibile) il coefficiente di espansione termica lineare delle parti raggiunte dal consolidante rispetto a quelle più interne, in modo che non si creino tensioni in conseguenza di inevitabili cicli termici.
- Non deve rendere la zona trattata troppo rigida, rispetto alle parti non raggiunte dal prodotto consolidante, in modo che essa possa assorbire eventuali sforzi di tensione dovuti a cicli termici e termo-igrometrici.

Reversibilità e ritrattabilità

Intervento reversibile: s'intende quell'intervento i cui effetti possono essere facilmente eliminati, senza danno per l'oggetto; intervento che lascia uno spettro di scelte conservative future così ampio come nel passato.

Prodotto reversibile: quel prodotto che rimane solubile in uno o più solventi (compatibili con i materiali costituenti il manufatto) e che può essere eliminato senza danno per il manufatto.

In pratica, ogni intervento di consolidamento di materiali lapidei è irreversibile, anche se ottenuto mediante l'applicazione di un prodotto che rimane solubile in solventi compatibili con il materiale trattato. È importante che la presenza di un prodotto consolidante non pregiudichi l'applicazione di un nuovo trattamento, qualora esso si renda necessario.

Consolidanti Inorganici

Formano, attraverso reazioni chimiche, nuovi prodotti, insolubili nel solvente impiegato, che precipitano all'interno dei pori e si legano con deboli legami secondari ai componenti minerali (es.: $[\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3]$). Possono saldare solo microfratture di apertura $< 50\text{-}100\mu\text{m}$.

Consolidanti Organici

Formano uno strato adesivo, idrorepellente, che copre le pareti dei pori e delle microfratture, risaldandole. Il problema della penetrazione in profondità è cruciale per ambedue le classi di consolidanti.

Fattori che influenzano la profondità di penetrazione

Natura del consolidante e del solvente (se si tratta di un prodotto usato in soluzione).

Concentrazione, viscosità e tensione superficiale della soluzione.

Tempo di contatto tra prodotto consolidante e superficie da trattare.

Condizioni climatiche durante il trattamento.

Influenza del tempo di contatto sulla profondità di penetrazione.

Distanza (d) percorsa da un liquido in un mezzo poroso:

$d = A \sqrt{t}$; dove A è il coefficiente di permeabilità dipende dal raggio dei pori, dalla bagnabilità, dalla tensione superficiale e dalla viscosità.

Consolidanti inorganici:

Idrossido di calcio	Ca(OH)_2
Idrossido di bario	Ba(OH)_2
Etil-silicato	$\text{Si-(OC}_2\text{H}_5)_4$
Silica sols	$(\text{SiOH})_n$
Fluosilicati es.	MgSiF_6

Consolidanti organici:

Alcossi-silani

Polisilossani (resine siliconiche)

Resine Acriliche/metacriliche

Resine Acriliche/siliconiche

Resine Epossidiche

Elastomeri Fluorocarbonici

Il silicato di etile

Estere etilico dell'acido silicico o tetra-etossi-silano (TEOS): dà luogo alla formazione di un polimero inorganico di silice che agisce da consolidante.

Si noti che il silicato di etile ha soltanto un effetto consolidante. L'idrorepellenza che si osserva nel materiale appena trattato, è soltanto momentanea e si annulla con il completamento dei processi di idrolisi e condensazione. L'ottimo effetto consolidante del silicato di etile si riduce a livelli insufficienti qualora i fondi da consolidare non diano segno di volersi asciugare.

Gli alchil-alcossi-silani, attraverso processi di idrolisi e condensazione, danno luogo a polimeri silico-organici che svolgono un'azione consolidante e, soprattutto, conferiscono idrorepellenza al materiale trattato.



1. - Il fenomeno 'colore'



COLORI sono tutt'altro che un fenomeno marginale. Essi veicolano codici, tabù, pregiudizi cui obbediamo senza saperlo, possiedono significati reconditi che influenzano profondamente il nostro ambiente, i nostri comportamenti, il nostro linguaggio e il nostro immaginario. I colori rivelano il nostro carattere, le nostre tendenze; i colori dicono molto sulle nostre ambivalenze; essi sono formidabili rivelatori dell'evoluzione della nostra mentalità.

Vediamo come la scienza abbia detto la sua, sopravanzando la filosofia: 'Onda o corpuscolo? Luce o materia?'. Ciononostante ancor oggi ci portiamo dietro quello strano retaggio. L'arte, la pittura, la decorazione, l'architettura, la pubblicità, naturalmente, ma anche i nostri prodotti di consumo, i nostri indumenti, ecc., tutto è retto da un codice non scritto di cui i colori detengono il segreto.

È difficile districarsi nel labirinto simbolico delle tinte. Parlar di colori e cosa assai vaga. Non si lasciano facilmente imprigionare in categorie: quanti sono, del resto? I bambini ne nominano spontaneamente tre; Aristotele ne contava quattro, e per uno scherzo di Newton, su cui torneremo, si è decretato che ce ne fossero sette ufficiali. Per me, non ci son santi: ne esistono sei, non di più.

In primo luogo, quel tranquillo *blu*, prediletto dai nostri contemporanei perché sa farsi amare da tutti. Poi l'orgoglioso *rosso*, che governa la virtù ed il peccato. Quindi il *bianco* virginale, quello degli angeli e dei fantasmi, dell'astensione e delle nostre notti senza sonno. Segue il *giallo* dell'oro, che per lungo tempo è stato segnato dal marchio d'infamia. Viene poi il *verde*, a sua volta malfamato, traditore e scaltro. Infine, il *nero*: umile, austero ed elegante.

Poi ci sono i comprimari: *viola*, *rosa*, *arancio*, *marrone*, e, un po' appartato il *grigio*. Ci sono colori molto antichi, che vengono da molto lontano. Prendiamo il Rosso ad esempio. La supremazia del rosso si è imposta a tutto l'Occidente da molto, molto tempo. È un colore che attrae lo sguardo, tanto più che è poco presente in natura

Evidentemente si è valorizzato ciò che si distaccava di più dall'ambiente. Ma c'è un'altra ragione: i pigmenti rossi sono stati disponibili molto presto e si è potuto usarli in pittura e in tintura. Già trentamila anni prima di Cristo l'arte paleolitica adoperava il rosso, ottenuto in particolare a partire dalla manipolazione della terra ocre rossa: si pensi al bestiario delle grotte disseminate fra la penisola Iberica e quella Balcanica. Nel neolitico si è sfruttata la *robbia*, erba dalle radici tintorie presente nei climi più svariati; poi ci si è serviti di alcuni metalli, come l'ossido di ferro o il solfuro di mercurio. La chimica del rosso è stata dunque molto precoce, e molto efficace. Da qui il successo di questo colore.

Nella Roma imperiale, quello che si ottiene dalla sostanza colorante del *murice*, una conchiglia rara presente nel Mediterraneo, è riservato all'imperatore e ai condottieri. Nel Medioevo, essendo andata perduta la formula della porpora romana (le colonie di murici sulle coste della Palestina e dell'Egitto sono peraltro in via di estinzione), si ripiega sul *chermes*, il colorante estratto dalla femmina essiccata del *Coccus illicis*, insetto diffuso nel bacino del Mediterraneo e in Estremo Oriente. In effetti, la raccolta è laboriosa e la fabbricazione molto costosa, ma il rosso ottenuto è splendido, luminoso, resistente. I signori beneficino dunque, sempre, di un colore di lusso. I contadini, possono ricorrere alla volgare *robbia*, che dà una tinta meno splendente. Poco importa se ad occhio nudo la differenza non si nota: l'essenziale sta nella materia e nel prezzo. Socialmente, c'è rosso e rosso! D'altro canto, per l'occhio medievale, lo 'smalto' di un oggetto (il suo aspetto opaco o lucente) prevale sulla sua colorazione: un rosso vivo sarà percepito come più vicino ad un blu luminoso che ad un rosso slavato.

Nel Medioevo, i codici simbolici dei colori si rivelano attraverso gli indumenti e l'immaginario. Non nella vita quotidiana, però. Questi codici simbolici hanno conseguenze molto pratiche. Si prendano i tintori: in città, alcuni di loro hanno una licenza per il rosso (con il permesso di tingere anche in giallo e in bianco), altri hanno una licenza per il blu (possono tingere anche in verde e in nero). A Venezia, Milano o Norimberga, gli specialisti del *rosso robbia* non possono lavorare nemmeno col *rosso chermes*. Non si esce dal proprio colore, pena finire sotto processo! Coloro che sono dediti al rosso e coloro che sono dediti al blu vivono in strade separate, relegati nei sobborghi perché i loro laboratori impuzzolentiscono tutto, tra loro scoppiano spesso violenti conflitti, si accusano a vicenda d'inquinare i corsi d'acqua. Va detto che il tessile, allora, è la sola vera industria d'Europa, una posta in gioco altissima.

Blu, rosso, bianco, verde, giallo, nero; e poi? Quanti altri colori ci sono? Non domandate all'arcobaleno: ci mostra soltanto ciò che vogliamo vedere. I bambini, che cercano il tesoro ai piedi dei suoi raggi, lo sanno bene: i colori spariscono non appena si cerca di afferrarli, sono soltanto un'illusione.

Dietro i sei colori di base vengono i complementari, le mezze tinte (rosa, marrone, arancio, viola e lo strano grigio) e un corteo infinito di sfumature che non smettiamo d'inventare. La lezione che ne traiamo qui è un paradosso: un colore esiste soltanto perché lo guardiamo. E' insomma, una pura invenzione della nostra mente.

Abbiamo i sei colori di base, quantomeno così li qualificiamo tutti. Eppure, ai bambini s'insegna che nell'arcobaleno ci sono sette colori. Ecco qui un altro preconetto, forse. Se si domanda ad un bambino molto piccolo quanti colori vede nell'arcobaleno, vi risponderà in genere il verde, il rosso e il giallo.

Nel XIII secolo, i dotti dell'università di Oxford arrivavano fino a cinque o sei, non di più. Si dice che, quando Newton definì lo spettro luminoso dell'arcobaleno, avesse individuato a sua volta soltanto sei raggi colorati (viola, blu, verde, giallo, arancio e rosso). Ma, poiché le convenzioni del tempo esigevano sistemi di sette o dodici elementi, egli ne avrebbe aggiunto un settimo, raddoppiando il blu in indaco.

Per la cultura europea esistono sei colori principali, e sono quelli che evochiamo spontaneamente: blu, rosso, bianco, verde, giallo e nero. La percezione che ne abbiamo può cambiare secondo la luce, secondo il supporto, secondo l'epoca (non si vedevano le stesse cose nell'antichità o nel Medioevo), ma non può cambiare ciò che i colori rappresentano; non la loro identità profonda. Un colore è una categoria dello spirito, un insieme di simboli. Prova ne è che i sei colori di base sono i soli a non avere referenti.

I sei colori di base si definiscono in maniera astratta senza aver bisogno di un riferimento nella natura, al contrario di quelle che vengono chiamate mezze tinte: il viola, il rosa, l'arancio, il marrone; (il grigio è un po' particolare e va trattato a parte). Quelle quattro mezze tinte devono il loro nome ad un frutto o ad un fiore: il marrone esisteva prima che s'inventasse il termine 'marrone', l'arancio prima del colore arancio, la rosa prima che si parlasse del 'rosa' (il latino *rosa* designa unicamente il fiore). Per indicare il rosa di certi fiori o il petto di un uccello, si parlava di 'rosso chiaro' o di 'rosso bianco'. Se, in seguito, con l'avvento delle lingue romanze, si sono inventati dei termini specifici, è perché si è avuto bisogno d'incarnare in un nuovo colore dei simboli che non venivano espressi dai sei colori di base. Si pensi al *malva di Perkin* della metà dell'Ottocento!

Come dicevamo resta il grigio, che si considera a parte, perché ha quasi tutti i caratteri di un vero colore: non ha referenti. Il termine è antico (viene dal germanico *grau*) e possiede un duplice simbolismo. Per noi, evoca la tristezza, la malinconia, il tedio, la vecchiaia; ma, in un'epoca in cui la vecchiaia non era così deprezzata, rimandava al contrario alla saggezza, alla pienezza, alla conoscenza. Ne ha serbato l'idea d'intelligenza (la materia grigia).

Alla fine del Medioevo, lo si vedeva come l'opposto del nero, dunque simbolo della speranza e della felicità. In realtà, il grigio gode di uno status a parte. Goethe aveva intuito questa singolarità: per lui, il colore che riuniva tutti gli altri non era il bianco, tinta debole, che a suo avviso conteneva poche materie colorate, ma proprio il grigio, che lui definiva colore 'medio'. Ciò lo rende più ricco da lavorare; possiede un gran numero di sfumature, autorizza le monocromie più delicate, esalta gli altri colori.

Riassumiamo: sei colori di base e cinque mezze tinte, compreso il grigio. Poi iniziano le sfumature: porpora, giada, salmone, ambra, avorio, seguendo con i più fantasiosi. Zucca, tannino di prugna, vento di sabbia, ombra marina, greto cinerino, ecc., fino a completare l'infinita gamma della collezione primavera-estate di qualche casa di moda.

Secondo i testi di ottica, l'occhio umano può distinguere fino a 180, 200 sfumature al massimo. Ciò rende assai discutibile il paragone con la capacità dei computer di esprimersi graficamente in milioni di colori!

Già nel XVIII secolo, nella loro *Encyclopédie*, Diderot e d'Alembert avevano steso un elenco delle sfumature. Certi termini dell'epoca si basavano sul nome del luogo o della città da cui veniva il colorante. Ma, in effetti, si deviava subito verso la poesia. Insomma, i confini tra le diverse sfumature non hanno un'esistenza reale. Tutto dipende da chi guarda.

Il fisico ritiene che il colore sia un fenomeno misurabile. In una stanza vuota, egli illuminerà un oggetto colorato, registrerà la lunghezza d'onda e concluderà che c'è un colore. Goethe è di parere opposto: «Un colore che nessuno guarda, non esiste!» dichiara ripetutamente. È un'affermazione forte che sottoscrivo. «Un vestito rosso è ancora rosso, quando nessuno lo guarda?» si domanda Goethe. Ebbene, no! Per me, non c'è colore senza percezione, senza sguardo umano. Siamo noi a fare sì che i colori esistano!



2. - I colori degli edifici

Il colore nell'architettura ebbe vasto sviluppo presso gli antichi Egizi e presso i Greci i cui templi furono completamente ricoperti di ricchi tinteggi tanto all'interno che all'esterno. La terna dei colori rosso, giallo e azzurro fu quasi sempre applicata in tutti gli stili cominciando dalle fastose decorazioni dei templi faraonici, ai più gloriosi periodi dell'arte, dove, con raro equilibrio decorativo, troviamo applicati colori più o meno vivaci nelle costruzioni di tutto il mondo del passato. Talvolta si ha la fortuna di vivere esperienze uniche che vengono da testimonianze come si può trovare in uno dei più fulgidi esempi di decorazione pittorica esterna, che fece dire, a metà del secolo scorso, ad un grande cultore del colore delle città: «Noi non conosciamo alcun'altra opera che sia così adatta a servire come illustrazione dell'arte del colorire, di questo palazzo dell'Alhambra del quale ogni ornato contiene in se stesso una grammatica».

In questa stupenda fabbrica moresca, in Granada, i colori dominanti sono il rosso leggermente aranciato, il giallo oro e l'azzurro nelle parti più elevate; l'arancio, il verde ed il porpora in quelle più basse. Ma altri esempi, d'altrettanta bellezza policroma, più vicini a noi, li possiamo ammirare nelle logge e nelle biblioteche del Vaticano, a Villa Madama a Roma, nel palazzo del Te a Mantova ed in molti capolavori di Raffaello, di Giulio Romano ed altri Grandi.

Data l'immensa varietà delle pitture interne, in questo scritto si vuol restringere il campo alle più semplici monocromatiche pitture non figurative (escluso un piccolo cenno alla *pittura ad affresco*), anche perché non esiste una univoca e soddisfacente trattazione e catalogazione delle pitture murarie interne. In genere le pitture figurative vengono trattate indipendentemente e disgiunte dal contesto dei tinteggi delle facciate esterne: pertanto, dei campi figurativi e dei tinteggi più pregiati, rimandiamo il lettore ad altre letture.



Dall'esame di sezioni sottili, indagini microchimiche e diversi procedimenti di analisi degli elementi metallici, come la spettrometria di assorbimento atomico, fluorescenza, attivazione neutronica ed analisi mineralogica per diffrazione, ecc., si è potuto stabilire la natura dei pigmenti usati, nel passato più lontano, per tinteggiare le facciate degli edifici storici; e si è potuto stabilire altresì l'esigua quantità di pigmenti usati per 'velare' gli stucchi esterni. Le cromatografie e le spettrografie di assorbimento nell'infrarosso, sono valse ai ricercatori a scoprire talune modernità come il verde di cromo o la magnetite nera, ritenute, all'analisi visiva, originari pigmenti antichi da attribuirsi agli Etruschi.

In generale, gli effetti cromatici ritrovati sono da imputarsi alla presenza di minerali naturali come la malachite, la crisocolla, l'atacamite, la calcite, la dolomite e svariate terre ocre a base di ossidi di ferro; e le tinte impiegate sono spesso il risultato della mescolanza dei vari ossidi. La variatissima gamma di colori impiegati nel passato era il frutto d'antiche esperienze e sapienze tramandate di bottega in bottega, che trovava peculiare utilizzo in specifiche aree geografiche, e che infine ne caratterizzava il colore delle città.

I bianchi ottenuti col carbonato di calcio; gli azzurri di lapislazzulo o di ceruleo egiziano (silicato doppio di rame e calcio); il rosso di Sinope; il rosso cinabro (solfuro di mercurio), gli ossidi di ferro (ematite) ed il bisolfuro di arsenico; i gialli a base di ferro o piombo; i verdi a base di carbonato o acetato di rame; i neri ottenuti dal carbone di calcinazione, e qui la lista potrebbe allungarsi a dismisura pur non completando l'immensa gamma di variazioni cromatiche che erano vanto d'ogni Maestro conoscere, e che si sviluppava negli infiniti miscugli e nelle più riposte sfumature.

Le terre colorate prescelte venivano macinate lungamente e minuziosamente nel mortaio dai garzoni di bottega, sino a ridurle alla finezza di una polvere impalpabile; venivano poi sapientemente mescolate nella dovuta proporzione; e quindi provato il risultato cromatico mescolandole alla giusta quantità d'acqua per essere poste su di una pietra tufacea ad asciugamento rapido, per verificare immediatamente il grado ed il tono della tinta.

Se per gli affreschi, i colori, diluiti con l'acqua, erano posti direttamente sugli arricci ancora umidi, nei tinteggi monocromatici delle facciate dei palazzi, venivano mescolati a calce spenta opportunamente diluita e stesi a larghe passate, a più mani, con opportuni pennelli. E se nel primo caso gli effetti cromatici delle tinte affrescate sono durate (ed ancora durano) nel tempo, con gli sialbi di calce colorata, la forza delle tinte sembrano aver avuto minor fortuna. Nondimeno, come sempre accade per tutto ciò che è toccato dal tempo, anche i tinteggi a calce hanno assunto, col passar degli anni, espressività propria, che appare in tutta la bellezza delle mille sfumature che si possono apprezzare.

Vi è qui da confessare quanto difficile sia per gli artefici d'oggi ottenere la freschezza e le trasparenze di quegli antichi tinteggi, effetti non disgiunti da quella inimitabile capacità di scolorire in gradi e toni sovrapposti, che aggiungono pregio al pregio, che i moderni tinteggi, ahimè, non possono offrire.

Le ragioni di questi limiti, ad ottenere i risultati, che ancor nel passato secolo ogni buon pittore sapeva riprodurre, sono dovute a varie cause. Fra queste la prima è da imputarsi ad un progressivo generale indebolimento della sensibilità di molti nella percezione delle sfumature di una tinta in rapporto alla sua freschezza, trasparenza ed intonazione; oggi ognuno sa percepire e definire un colore, mentre pochi sanno veramente valutarne in modo sottile gli infiniti fraseggi che intercorrono fra gradi, toni, accostamenti, pastosità, contrasti, sfumature, velature e tutte quelle caratteristiche pittoriche che in antico erano comuni a tutti coloro che con le tinte avevano dimestichezza. A tal proposito v'è anche da dire che l'accresciuta insensibilità alle gamme più ampie delle tinte murali, che hanno fatto tanto apprezzare i tintori preindustriali, è dovuta proprio ai medesimi tintori del secolo scorso, i quali, sia per ragioni economiche, che per incapacità di rifornirsi di terre naturali, hanno preferito usufruire di colori industriali preconfezionati, indebolendo e talvolta annullando la propria determinazione e sensibilità alla preparazione delle tinte; cosicché le nuove mode culturali, spesso appoggiate da fragili indagini storiche, hanno condotto all'uniformità delle tinteggiature murarie di intere città.

A supporto di questa affermazione basterà citare il caso più evidente che ognuno può ammirare. Oggi il Palazzo del Quirinale, in Roma, risplende di un inedito color naturale petrigno, non proprio somigliante all'originario tonachino *color aria*, che si evince dall'indagine stratigrafica degli intonaci prelevati dai calcinacci di stonacatura. Prima dell'intervento di restauro, come si può vedere in molte fotografie e stampe che lo ricordano, sulle sue superfici esterne accampava un caldo tinteggio *color pelle di leone*, con cornicioni,



marcapiani ed aggetti vari, color foglia morta del tufo giallo del Lazio, tendente al nanchino buio; eppure, il vedutista Van Wittel, nel 1667, dipinse quest'imponente casamento con canalettoniana precisione fotografica, evidenziandone i tenuissimi colori ravvivati dal sole del tramonto: bianco marmo per gli aggetti, e bigio azzurrino per le campiture maestre, che evocavano il color fosco dell'aria mattutina (da qui il termine *color aria*).

Indagini stratigrafiche recenti hanno di fatto accertato che il Van Wittel dipinse effettivamente, con eccezionale realismo, quanto gli era dato di vedere, e che i colori del suo dipinto non erano certo il frutto di un sua stravagante fantasia artistica. Sarebbe interessante scoprire quali furono le motivazioni scatenanti, che portarono gli architetti dell'epoca ad un mutamento cromatico (il color pelle di leone) così lontano dall'originario. Probabilmente, nel Settecento, anche in quei luoghi si sentì pesante il passaggio delle malattie sociali, ed i pestilenziali secoli 'della calcina' ricoprirono palazzi, chiese e ville, di accecante e caustico biancore che ridusse tutto, con reiterati scialbi sovrapposti, di calce spenta, che col tempo si sono carbonatati, in irripetibili croste marmoree.

All'analisi sulla mutazione della sensibilità al colore dei nostri predecessori dell'Ottocento, va aggiunta anche una motivazione strettamente legata al colore delle materie. La trattatistica classica, la manualistica e vari documenti d'archivio, raccontano di come le medesime mestiche composte con colori di diversa origine, grossolanamente definiti uguali, mescolati con calce di diversa natura, portino infine a sfumature di grado e tono del tutto particolari.

Il giallo Torino, il rosa La Spezia, il persichino veneziano, ritenuti una caratteristica di quelle città, sono tinte prevalentemente uniformi, che dopo la metà del XIX secolo hanno coperto una fittissima gamma di variazioni praticate, con finezza di giudizio e percezione, sino ad allora.

Un esempio su tutti: nei primi decenni dell'800 il Consiglio degli edili di Torino, in accordo con la locale Commissione dell'Ornato, definisce ed appronta una teoria di campionature di tinte da applicarsi secondo precisi criteri e concessioni sulle facciate delle città. Tali proposte cromatiche andavano dal bianco candido al rosso Venezia, passando per i gialli brutti, il bigio aria, il grigio marmo, il persichino, ecc..

La qualità e la quantità di terre da adoperarsi per ottenere l'esatta tonalità d'ogni tinta sono puntualmente descritte in ricettari, che a quel tempo erano messi a disposizione d'ogni artiere che ne avesse fatto richiesta. Dalla lettura dei prontuari moderni si evince che non sia determinante il tipo di calce da impiegarsi nelle mescole; sta di fatto, però, che non tutte le calci sono bianche, e l'uso di una piuttosto che di un'altra calce porta a risultati, per un occhio avvezzo al giudizio, sensibilmente ma decisamente diversi. La calce d'Albettone, detta dal Palladio e dallo Scamozzi, la livida Albazzana descritta dal Cataneo e dal Biondi, e le molte specie di calce così minuziosamente e puntigliosamente descritte dallo Juvara come la color avorio di Casale, la giallo rossastra di Ponte Stura, la nocciola rosata ottenuta dalla pietra di Gassinio e la bigio aranciato di Lauriano, queste calci si diceva non possono con il loro colore naturale non intervenire a modificare il sapore della tinta, che si percepisce nella trasparenza delle velature.

Sicché, rimanendo nell'esempio, che coinvolge la gamma cromatica delle diverse calce di torinese, ciò che vien chiamato giallo di Torino, non può essere un unico colore che induce, in chiunque guardi, la medesima sensazione: il colore assumerà di volta in volta sfumature e tono secondo che sia questa o quella calce a tener la tinta. Ecco allora che i sette toni di giallo, scelti e proposti per quella città: molassa, paglierino, nanchino, limoncino, canarino, giallo verdicchio e giallo oliva, proposti in tre diversi gradi, chiaro, normale e carico esprimevano ben ventuno sfumature di tinta, le quali, se sottoposte al viraggio del colori avorio, giallo rossastro, nocciola rosato e bigio aranciato delle già citate calce, che si cavavano e calcinavano nel medesimo territorio, diventavano ben ottantaquattro sensazioni di giallo che il disabituato occhio moderno difficilmente potrebbe apprezzare. E quanto detto vale anche per i pigmenti.

Le ricette per la composizione delle tinte erano ben note sin dalla più remota antichità, ma localmente ogni singolo pigmento veniva tradizionalmente manipolato, arricchendo la gamma delle sfumature delle cromie locali. La notissima Terra di Siena, per esempio, pigmentata da ossidi di ferro, è gialla se usata al naturale, ed assume via via sfumature che muovono dal bruno al rosso, secondo la temperatura di calcinazione, generalmente aumentando di intensità con l'aumentare della temperatura di cottura. Ma, oltre alla tecnica di mutazione del colore delle Terre mediante la calcinazione degli ossidi naturali, generalmente ben conosciuta, ogni artista aggiungeva in ogni sua opera personalissime imprevedibili mutazioni, così come storicamente si ricorda fosse avvenuto a Venezia alla vista di alcune opere figurative che il Giorgione dipinse sulle facciate del proprio e di altri ricchi palazzi patrizi. Si disse di 'gialli mai visti prima'; e così si potrebbe continuare col dire sul Verde Veronese ed altri notissimi colori, ma su ciò non ci dilunghiamo.

Chiunque, alla luce di quanto detto, può verificare i differenti risultati che si ottengono mescolando colori ben conosciuti con differenti tipi di calce.

Si provi col giallo molassa: ovvero otto parti di Bianco di Zinco e due parti di terra gialla di Siena mescolate a calce albazzana forte color avorio; confrontate poi con la stessa tinta preparata con i medesimi pigmenti uniti nella medesima proporzione e mescolati a calce dolce bianca, vedrete la seconda troppo vivace rispetto alla prima, la quale, per il color vellutato dell'albazzana, si mostra più morbida e calda. Ciò vale anche per il giallo brutto (che nel torinese si riconosce come color nanchino): ossia sei parti di bianco di Cina sporcate con una punta di nero, una parte di ocre gialla ed un mezzo punto di ocre rossa, il tutto mescolato con calce forte d'Albettone, color bigio-gialliccio.

L'effetto che s'ottiene è molto più appagante di ciò che cromaticamente risulta dalla medesima tinta mescolata con calce grassa bianca. Seppoi, per tornare ai colori di Torino, dovessimo riproporre il color foglia morta, ottenuto dalla mescolanza dell'ocra rossa e del minio aranciato, e per avventura dovessimo diluire la tinta in una soluzione di candidissimo latte di calce dolce magnesiaca, piuttosto che in un latte di calce forte di Casale dal tenue color giallo avorio, allora i risultati sarebbero evidenti anche al più sprovveduto degli osservatori: le due tinte avrebbero tono così lontano, l'una dall'altra, da sembrar diverse.

Non di minor importanza è la questione dei fondi. Il colore dell'intonaco è determinante ai fini del risultato cromatico finale. Se nel parlar di scialbi di calce non si può non elogiare 'le trasparenze', sarà buona cosa considerare anche ciò che 'traspare'. Oggi sono rari i tinteggi che esprimono i loro toni cromatici rendendo all'occhio che guarda, il colore naturale dell'intonaco di finitura, mediato dal velo di pigmento che lo ricopre.

Dall'avvento della civiltà del cemento, gli intonaci sono quasi tutti bigi; ragion per cui è ben difficile che si possa ottenere alcun effetto di velatura che possa dare una qualche emozione. Il grigio si può dire sia complementare a qualsiasi altro colore, e perciò la tinta di qualsivoglia velatura, stesa su di un intonaco cementizio, tenderebbe a smortire e bruttire, essendo neutralizzata dal color bigio della sottostante materia.

Ben altro effetto s'ottiene allorché il fondo è composto con malte di sabbie colorate e calcine forti dai tenui colori naturali. Quanto detto per le differenze dei risultati che s'ottengono mescolando le medesime mestiche di colore con calcine di diverso colore, vale anche per le velature.

Generalmente i fondi di calce bianca vivacizzano ed esaltano le tinte rendendole più brillanti; per contro gli intonaci dai tenui colori neutri naturali tendono ad ammorbidire le trasparenze, rendendo effetti più dolci e vellutati. Sarebbe improponibile, pertanto, una restaurazione delle tinte originarie, se agli ingredienti di per sé già difficili da ritrovare non aggiungessimo anche quella resuscitata sensibilità, senza la quale talune opere sarebbero irripetibili. Probabilmente questa è la ragione per cui già dall'800 le strade corridoio delle città ideali cominciarono ad assumere monotone e spesso mortificanti monocromatiche regolarità; ed è fors'anche questa la ragione per cui oggi, davanti ad un'opera difficilmente ricostruibile con tutta la sua 'logora' sofisticata finezza, si persevera a stonacare vandalicamente, con arretrato pregiudizio, per rimanere poi confusi e pieni di incertezze, delusi dai sordi e piatti risultati, che un nuovo intonaco, ben livellato e opacamente dipinto, concede.

Non v'è peggior forma di daltonismo che'l cattivo gusto.

3. - *L'epoca del cromo*

Sin da 1825, un anno dopo il brevetto del cemento Portland, con l'avvento delle tecniche di produzione di materie pigmentanti derivate dalla lavorazione del cromo, si è visto il proliferare di ogni sorta di pigmento, mistura o combinazione colorica, che si inserisse nella gamma che andava dal bianco al nero, in una sconfinata teoria di tinte, mezzetinte di qualsiasi grado e tono cromatico impensabile sino al giorno della scoperta di questa nuova tecnica. Nella seconda metà dell'Ottocento, con la scoperta dei silicati, come medium degli ossidi pigmentanti, la misura fu colma. Il bianco di San Giovanni lasciò il passo ai sintetici bianco di zinco ed il bianco di titanio; il blu egiziano, detto anche *caeruleum aegyptium* (fritta di Alessandria), ben descritto da Vitruvio, dovette arrendersi all'oltremare artificiale e a tutte le sue variazioni; a cavallo della metà del XIX secolo, il raro verde Veronese si tramutò in ossido di cromo e ossido idrato di cromo. Sugli scaffali delle *botteghe*, allo scemare delle ocre naturali, cominciarono a far mostra di sé i gialli ed i rossi di cadmio e con irrefrenabile furia si iniziò a tingeggiare gli edifici con molto colore e poco criterio.



Secondo Plinio, fu Ludio, presso i Romani, che cominciò a dipingere, sui muri degli edifici, immagini campestri ed altre vedute di puro ornamento; alcune di tali pitture si sono trovate ad Ercolano e a Pompei, ma anche nelle terme di Tito; e quelle cortine murarie, talvolta divise in due parti mediante una linea orizzontale, presentavano nella parte inferiore finti balaustini e finti sostegni della volta, sulla quale erano dipinti arabeschi e ed altre bizzarre composizioni di puro ornamento, mentre nella parte superiore si vedevano boschi, marine, animali, soggetti storici o mitologici: tutti ornamenti che a Roma chiamavano *xenia* (stranieri o forestieri). E non di rado, al di sotto delle volte, seguiva una cornice di calce mista a polvere di marmo, donde si trasse l'idea del moderno stucco, e forse l'arte degli stuccatori. A poco a poco il gusto dell'adornamento assunse un sofisticato senso estetico, di cui fa parte evidente la vanità, impulso di tutte le tendenze umane.

Orbene, prima dell'industrializzazione della produzione degli ossidi coloranti, i pigmenti adoperati nella pittura murale erano gli stessi usati per altre tecniche pittoriche su altri supporti. I colori usati sulle tonacazioni (*Opus Tectorium*), erano in esiguo numero e moderatamente elaborati: per la maggior parte si trattava di ocre naturali ed ocre bruciate. E, laddove la città 'minore' non poteva ostentare costosi tinteggi composti con ocre od altri preziosi cromatismi, le vie dei borghi erano un susseguirsi di colori che la luce sulla pura materia conferiva alle facciate delle case. *Calci morette o nigre, calci livide o berettine*; sabbie gialle d'ogni grado e tono, sabbie rossicce, sabbie color avorio, sabbie miste delle quali l'astrazione cromatica infondeva negli intonaci colori varianti al variare della luce radente, ed altre infinite composizioni conducevano a risultati cromatici dai più alti esiti estetici. A tal proposito non possiamo tralasciare i meravigliosi tonachini lisci e lucidi, che il Palladio applica sulle colonne della Rotonda di Vicenza: la polvere di vetro veneziano, aggiunto allo stucco, porta il manufatto ad uno splendore mai visto prima.

In epoca gotica era uso ricoprire di un sottile strato di intonaco le modanature delle finestre ed i fregi in cotto, tinteggiandolo poi di rosso; sempre in epoca gotica la policromia, e soprattutto la dicromia dei paramenti in vista dei monumenti maggiori, spinse a sostituire con tinteggiature o graffiti, i troppo onerosi marmi e pietre colorate: soprattutto le pietre verdi e le pietre rosse.

Spesso edifici con murature in pietra, nei secoli XV e XVI, venivano ricoperti di intonaco sul quale erano ridisegnati i conci incidendo l'intonaco con una punta; gli antichi costruttori veneziani rivestivano di intonaco le murature di mattoni, usando uno strato sottilissimo di malta, dipinto poi di rosso, sul quale venivano ridipinti i giunti orizzontali più fini ed i verticali più grossi.

Nei secoli XV e XVI ebbero grande diffusione i graffiti bianchi e neri, ripresi poi nell'Ottocento anche dalla versione bianca e rosa. Essi venivano eseguiti con un primo strato di malta di calce colorata di nero ottenuto dalle ceneri della paglia bruciata, e con uno strato bianco sovrapposto, composto di calce di bianco travertino cotto, molto sottile: incidendo quest'ultimo strato con una punta si metteva allo scoperto l'intonaco nero sottostante secondo i più vari disegni; si arricchiva il disegno, che altrimenti sarebbe stato troppo spoglio, con mezze tinte, ottenute con terra nera, pura, diluita, applicate a pennello.

A Venezia il Giorgione ed il Pordenone risolvevano con l'affresco intere fronti di palazzi di abitazione; mentre il Palladio infonde un particolare splendore ai *marmorini* veneziani, aggiungendo alla calce di fossa, polvere di marmo finissima, d'ogni origine e colore.

Nel rinascimento il paramento marmoreo dell'edificio aulico viene spesso sostituito con l'intonaco, soprattutto nei fabbricati civili, il quale è messo a contrasto con i contorni di pietra serena.

Non di meno qualcosa persiste della cromia lapidea del trecento e del quattrocento avanzato, come prova l'impiego della dicromia bianco-verde di Leon Battista Alberti e delle tarsie policrome, come estrema espressione del mosaico fiorentino. In realtà si tratta della non ultima incarnazione dell'*opus sectile* romano, e anche dell'*opus alexandrinum*, che non si interrompe mai, pur attraverso le più varie declinazioni, lungo tutto il percorso della storia dell'architettura.

Dall'epoca Medievale a quella moderna si assiste ad un paradossale impoverimento della muratura lapidea, che viene sempre più eseguita con materiali meno resistenti, ma più lavorabili, e con minor probità esecutiva, propiziata anche dal fatto che l'uso crescente degli intonaci non dà più spazio al giudizio pubblico sulla qualità della pietra a vista.

Il Palladio infatti potrà scrivere: «Le fabbriche si stimano più per forma che per materia»; a Firenze, dagli edifici medievali, anche se modesti, si passa ad edifici cinquecenteschi intonacati con le sole aperture contornate in pietra; e sempre a Firenze, la più deteriorabile pietra serena finisce per essere più usata della pietra forte, sia perché più lavorabile, sia perché i banchi di pietra serena hanno una potenza maggiore di quelli di pietra forte, e quindi consentono di fornire monoliti per le colonne, che si sostituiscono ai medievali pilastri.

Il *palazzo munito* si trasforma quindi in *palazzo fiorito*, e l'imitazione dell'antico impone l'uso del marmo bianco, tipico delle fabbriche rinascimentali che fa tramontare la cromia medievale, ottenuta sia dai diversi colori di diverse pietre, sia di diversi mattoni: essa veniva ravvivata anche con artifici che oggi suonerebbero impropri: così nella Cà d'Oro di Venezia (1421-1440), « Tutte le pietre rosse che xe su la fazada sia onte de oio et de ver-nixe con color che le pare rosse », come testimonia l'esperto restauratore Giacomo Boni, alla fine dell'Ottocento, nel suo *La Cà d'Oro e le sue colorazioni policrome*.



Per quanto attiene all'uso delle terre coloranti, i metalli di transizione sono una componente fondamentale, e spesso anche solo una minima impurità che esse posseggono, porta ad una netta e decisa colorazione: così, tra i minerali noti fin dall'antichità, la malachite, che si trova spesso in natura assieme all'azzurrite, veniva impiegata nei verdi chiari delle pitture; l'azzurrite, chiamata nel gergo dei pittori *azzurro di Alemagna*, serviva a dipingere i cieli senza usare il costoso lapislazzulo. Questi minerali devono tutti il loro colore ad un metallo di transizione: il rame.

Il colore delle volte della Basilica Superiore di S. Francesco ad Assisi è ottenuto impiegando azzurrite, oggi chiazze di verde, per la trasformazione dell'azzurrite in malachite. Il ricercatissimo lapislazzulo aveva un uso assai più ridotto perché più costoso dell'oro; già noto agli Egizi venne soprattutto usato nel Medioevo e nel Rinascimento per i manti azzurri delle Madonne, e talvolta nei cieli, ma non ad affresco, perché l'affresco ne avrebbe assorbito una eccessiva quantità, bensì a tempera, sopra una preparazione rossa che spesso oggi traspare dopo la caduta dello strato sottile di lapislazzulo.

La gamma dei gialli e dei rossi, invece, dipende da un altro metallo di transizione, il cromo, o il ferro, cui si deve la colorazione delle ocre, sia gialle, costituite da argille colorate con ossidi di ferro variamente idrati - come già detto a proposito della gamma cromatica dei laterizi - sia rosse, ottenute per lo più per calcinazione delle precedenti.



4. - Del modo di definire i colori

Trattandosi di esporre, in questo manuale, alcune cognizioni elementari e pratiche sull'uso dei colori, è bene chiarire alcuni concetti e concordare sul significato di alcuni termini, che col tinteggiar hanno attinenza.

Colori base: per colori base intendo quei colori che trovano un'inconfondibile e generica definizione nell'uso comune, e con l'uso dei quali si può ottenere l'infinita gamma delle colorazioni conosciute. I colori base sono: Bianco, nero, azzurro, verde, rosso e giallo.

Fatta eccezione per gli affetti da daltonismo, curiosa imperfezione ottica che non permettere di distinguere i colori per come appaiono ai più, a tutti è concesso di identificare i colori base in quanto nella vita quotidiana essi si identificano con cose ai quali colori abbiamo associato le più infantili emozioni. Bianco come il latte; nero come il carbone; azzurro come il cielo sereno; verde come un prato; rosso come il sangue e giallo come l'oro.

Una caratteristica base dei colori, è la loro diversità di comportamento nei confronti della luce naturale e del calore.

I colori bianco, rosso e giallo riflettono la luce; il nero, l'azzurro ed il verde l'assorbono.

Questo fenomeno sembra influenzare anche l'occhio di chi osserva. I colori che riflettono la luce sembrano salienti e quelli che l'assorbono sembrano rientranti.

Se si osserva ad una certa distanza una facciata formata da campiture rosse ed azzurre separate da fasce di grigio, sembra che i rossi facciano salienza, ovvero sembrano risaltare più degli azzurri vicino all'occhio di chi guarda: ed i riquadri grigi fanno l'effetto di porsi in direzione obliqua alla loro larghezza per portarsi indietro per raggiungere gli azzurri.

I colori salienti sono il rosso, l'aranciato ed il giallo; i colori rientranti sono le varie tonalità dell'azzurro; il verde, invece, s'accomoda con gli uni e con gli altri, e cioè è saliente rispetto agli azzurri, e rientrante rispetto ai colori caldi.

La maggior o minor chiarezza delle tinte influisce anch'essa sulla salienza e sulla rientranza, a seconda della regola del chiaroscuro. Tale fenomeno, oltre che suggerire le composizioni coloriche delle facciate, dovrebbe far trarre profitto agli inventamenti del progettista attento.

Tinta: con tale termine intendo l'effetto colorico, anche tenue, che s'ottiene mescolando fra loro, due o più colori base. Praticamente, a parte il bianco, debbono essere definite tinte quasi tutte le colorazioni applicabili sulle facciate giacché e molto raro trovarne una che possa definirsi un colore base.

Mezza tinta: dicesi quella tinta che vien brunita o illuminata al fine di creare un effetto contrastato di luce e ombra; e ciò riguarda la variazione del colore e non del tono, altrimenti si dovrebbe parlare di tinta in mezz'ombra.

Tono: il tono è l'accento applicato alla colorazione, in quanto pur non modificando il grado di tinta ottenuto, ne aiuta o smorza il carattere. Un rosso può diventare d'un tono acceso; un giallo può esser scaldato, o potremmo far virare il rosso ed il giallo su toni più smorzati, senza peraltro toglier nulla alla sensazione che si ha nel percepire i due colori.

Il tono è acceso quando aumenta l'intensità del colore; il tono è caldo quando la colorazione è toccata dal giallo o dal rosso; per contro, se la tinta è virata dal nero, il verde o l'azzurro, si dice allora che il tono è freddo.

Infine dicesi tinta neutra quella costituita dal bianco, dal nero e dalle diverse specie di grigi.

Grado: per gradazione si deve intendere la possibilità di determinare una colorazione solo dal punto di vista del chiaro e dello scuro, prescindendo dai colori che compongono le due tinte a confronto.

Parlando dei gradi di colore, che vanno dal bianco al nero, si può affermare che le combinazioni possono essere infinite. Possiamo anche affermare che tinte di diverso colore possono essere uguali di grado e viceversa. Non si confonda pertanto, con tonalità e gradazione, la variazione colorica di una determinata tinta modificata mediante l'aggiunta di maggior o minor quantità di colore nella mestica bianca di base: la variazione più pallida o più carica di una stessa tinta, dicesi *tinta scalare*.

Contrasto: come abbiamo spiegato, dalla mescolanza di due o più colori base, potremmo ottenere una gamma di tinte piene e scalari, assolutamente innumerevoli per grado e tono. Ma se per assurdo potessimo catalogare e numerare ogni singola tinta, e mandassimo a memoria ogni ricetta, ci troveremmo a disagio nel momento in cui mettessimo le tinte le une a confronto delle altre. Probabilmente avremmo dei vuoti di memoria. Vedremmo un verde, catalogato e memorizzato come tono caldo, diventare freddo perché avvicinato ad un giallo. Crisi totale se lo stesso verde venisse posto vicino ad un rosso.

Un rosso, ben conosciuto per il suo tono smorzato e freddo, a contatto col verde diventa intenso sino a sembrar quasi di fuoco. Un giallo sbiadito e slavato, se posto sopra il nero, lo vedremo brillare come oro. Da ciò se ne deduce, che le tinte, come i colori in natura, vanno sempre guardate nel loro insieme, godendo del contrasto che la luce e la loro vicinanza produce.

Trasparenza: è l'effetto di colorire una superficie pur lasciando intravedere gli oggetti o i colori sottostanti. Le tinte a calce, a differenza degli altri mezzi di tinteggio, si distinguono per la loro naturale profondità e trasparenza, che le rende inimitabili.

Luminosità: con questo termine s'intende l'effetto di luce dal contrasto di una tinta, quasi sempre di tono freddo e gradazione chiara, su una tinta calda di gradazione scura.

Intonazione: è l'effetto di fusione di tutte le tinte, di qualsiasi tono e gradazione, che concorrono all'accordo generale dei colori di una o più facciate contigue.

Pastosità: è l'effetto di fusione di cui sopra ottenuto senza contrasti di qualche rilievo.

La trasparenza, intonazione e pastosità si possono ottenere giocando con tinte appropriatamente in contrasto in modo da dare alle colorazioni dominanti l'effetto voluto.

Nel dubbio, si usino tinte tenui.
Col color delle pietre naturali non si sbaglia mai.

5. - *Dell'intonazione dei colori*

Nel Piano del Colore di nostra progettazione, tutti i colori hanno per noi la stessa importanza che hanno per un pittore, e quindi la loro conoscenza è di somma utilità. Per poterli dunque conoscere, apprezzare ed utilizzare è necessario sperimentarli nella loro qualità e luminosità.

La luminosità nel colore è una qualità pregevolissima ed il modo più sicuro per apprezzarla è quello di osservare l'effetto che dà uno stesso colore vivo alla luce del giorno ed alla luce artificiale.

È bene che i colori siano tutti analizzati in questa maniera per chi vuol conoscerne il grado di luminosità, poiché è rarissimo che chi adopera colori se li prepari come s'usava un tempo, ma invece è molto comune che questi vengano acquistati in commercio senza sapere troppo spesso cosa si compera. È pertanto utile che l'artigiano o il decoratore, nei casi in cui venga loro richiesto di dipingere le facciate a più colori, controllino, sotto le diverse qualità di luce, quali siano le variazioni di tono cromatico delle tinte.

Le tinte fredde sono quelle cui non
partecipano il Rosso e il Giallo

In generale bisognerà mantenere uguale criterio anche per i lavori da osservarsi a grande distanza, per la ragione che tutte le tinte fredde, specialmente quelle molto decise, pare all'osservatore che crescano di tono, ovvero sembrano più buie di quanto non lo siano; e ciò dipende unicamente dal fatto che contrastino facilmente col colore dell'aria, la quale pure aumenta di grado e di colore bluastrò, con l'aumentare di spessore ed intensità. Ciò non avviene con i rossi e con gialli caldi, i quali si mantengono brillanti perché nulla hanno in comune con i colori freddi suaccennati.

Per prova, si metta accostata una superficie colorata a tinta fredda ad una, di egual tonalità, a tinta calda: se alla distanza d'un metro vedremo distintamente le due superfici mantenere la propria tonalità, allontanandoci da esse si vedrà invece la tinta fredda, accanto alla calda, aumentare di tono e di grado.

Se dovessimo analizzare i colori per conoscerne la composizione più intima, dall'esame scopriremmo che alcuni colori non contengono nessuna parte, neanche minima, di altri, e questi sono: il bianco, il giallo, l'azzurro, il rosso e il nero. Ogni altro colore, poiché deriva dalla composizione di due o più colori, deve considerarsi derivato o composto.

Ciò che è richiesto ai progettisti ed agli operatori addetti ai Piani del Colore, non è la composizione di tutti i colori secondari che si possono ottenere mescolando in infinite combinazioni e quantità i colori primari: sarebbe sufficiente la capacità d'ognuno di distinguere a prima vista se una tinta è calda o fredda, e se accostata ad un'altra questa ben si sposa o contrasta.

Oggi in commercio si trovano una quantità di verdi, gialli aranciati, violetti, avana, ecc., che derivano dalle più disparate combinazioni: e si conoscono bianchi, neri, gialli, rossi, azzurri, fini e di color assai vago o brillante. Da ciò si comprende benissimo, che le diverse misture, fatte coi diversi colori, fini ed ordinari, più o meno vaghi e brillanti, daranno svariatissime qualità e gradazioni dei colori derivati.

Poiché il fino, il vago ed il brillante derivano dalle materie adoperate per comporre i colori, è ovvio che l'esperienza del compositore di tinte accresce notevolmente quando questi ha l'accortezza di acquistare colori che abbiano sempre la stessa origine e comprovata qualità.

Ripeto che a nessuno vien chiesto di memorizzare le svariatissime possibilità di composizione dei colori, ma con le misture qui sotto notate vorrei comunque indicare ai principianti i rudimenti delle basi dei colori composti, i quali si otterranno più o meno variati nel risultato, a seconda delle dosi più o meno forti nella composizione.

Col rosso e col giallo s'ottiene l'aranciato.

Con l'aranciato, coi gialli ed il nero, s'ottengono il nocciola e l'avana.

Con l'aranciato, coi gialli e col blu, s'ottengono svariatissime tonalità di verde caldo.

Coi gialli e gli azzurri, si ottengono i verdi freschi e brillanti, come il verde erba ed il verde smeraldo.

Coi blu, i rossi ed i gialli, si ottengono i colori cenere, che si distinguono in finezza da i più crudi ottenuti dalla mistione del bianco e nero.

Coi rossi e col nero (ed una punta di giallo Siena), s'ottengono i marron terra d'ombra bruciata.

Rosso e bianco danno il rosa.

L'azzurro col bianco dà il celeste.

I gialli col nero danno il cosiddetto verde brutto, ovvero il giallo foglia morta o il color tufo.

Il blu col nero dà a quest'ultimo una sensazione di vellutato.

Il bianco nel giallo rende il color canarino brillante.

Potremmo definire anche il blu un colore semplice di base; a differenza dell'azzurro o del celeste, esso tende però al caldo. Infatti, mescolando al celeste o all'azzurro un po' di rosso, si ha il color blu come l'originale; ecco perché non lo si può considerare un colore semplice, ma neutro.

Chi vorrà preparare le tinte da sé, sappia che in generale le colle, per il processo di fermentazione e acidità, compromettono talvolta la bellezza dei colori; per contro gli oli e le vernici ne rinvigoriscono il grado e la brillantezza, nonché la trasparenza. L'essenza di trementina ed altri surrogati non influiscono sul colore, come non influisce l'acqua pura. Resta fermo che gli oli e le vernici siano purgate e chiarificate, altrimenti, invece di migliorare, i colori si altereranno presto e perderanno visibilmente freschezza e nervo.



I colori assorbiti sono sempre complementari a quelli riflessi. Così, se il corpo è verde (Giallo e Azzurro), si dice che assorba i raggi rossi e riflette quelli gialli ed azzurri. Il bianco riflette tutti, come il nero assorbe tutti.

Teoricamente, la mescolanza del rosso col giallo e l'azzurro, costituisce la 'luce bianca'.

E non importa se si mescolano i raggi dei tre colori separati, o uno di essi con la combinazione degli altri due: mescolando il rosso col verde si ottiene lo stesso risultato come mescolando il rosso, il giallo e l'azzurro; da ciò si deduce che qualunque colore primario (rosso, giallo, azzurro), mescolato ad uno secondario (aranciato, verde, violetto), composto dagli altri due primari, forma il complemento dei raggi totali necessari per costituire la luce bianca, e viceversa.

Per quanto detto, il colore richiesto da un altro colore per formare la luce bianca dicesi complementare di questo colore. Così: il verde è il complementare del rosso e viceversa; l'azzurro è complementare dell'aranciato e viceversa; il violetto è complementare al giallo e viceversa; e ciò perché il verde e il rosso, l'aranciato e l'azzurro, il violetto e il giallo, formano gli elementi di compimento dei raggi necessari per produrre la luce bianca.

Praticamente, fra il risultato della mescolanza delle luci colorate e quella delle materie coloranti, vi passa però una grande differenza; poiché con la mescolanza del rosso col giallo e l'azzurro, in nessun modo, riesce possibile ottenere il bianco; ma risulterà sempre o il nero o un grigio più o meno colorato (un colore neutro).

Donde, praticamente, risulta che un colore primario fa parte della mescolanza degli altri due, quello tende a formare il grigio, neutralizzando cioè la tinta del colore secondario sia o no composto; in modo che quei colori, i quali mescolati insieme danno il grigio più o meno puro, si possono dire colori complementari.

Così, il bianco ed il nero; il rosso e il verde; l'aranciato e l'azzurro; il giallo e il violetto, e tutte le loro gradazioni in tinta, mescolati a coppie insieme, e che tendono a dare il grigio, o qualsiasi altro tono neutro, saranno, più o meno, complementari.

Si noti che non avendo il grigio alcun colore suo complementare, per il fatto che il grigio è l'espressione dei tre colori base (Rosso, Giallo, Azzurro), esso è il fondo ideale e perfettamente intonato per qualsiasi altro colore o tinta.

Il grigio ben s'accosta ad ogni altra tinta

6. - *Dei tinteggi secchi, ovvero senz'olio*

Tempera a colla, scialbo a calce a fresco o ai silicati.

La tecnica a secco è una delle più comuni, e così si chiama perché la miscela pronta al pennello non prevede l'uso di oli, od altro elemento liquido, che lasci tracce di lubricità, come quelle grasse che contengono olio. Il lavoro eseguito con simili composizioni, di un relativo assorbimento, a differenza dei tinteggi grassi ad olio - che si mostrano sempre un po' lucidi - risulta sempre di aspetto opaco. Dalla natura dei molteplici impasti e pigmenti usati per essa, questa tecnica assume le svariate denominazioni di *pitture a calce, a colla, a fresco, ai silicati*. La più comune, forse perché la più economica e la più comoda a trattarsi, è la tecnica a calce, la quale però, nei climi freddi richiede particolari attenzioni e precauzioni se si vuol ottenere quel buon risultato, che facilmente dà nei mesi di media e calda temperatura.

La buona riuscita del lavoro dipende da una sollecita essiccazione del contenuto della parte liquida: perciò il periodo invernale, freddo e facilmente umido, non è affatto favorevole a questa tecnica.

Di svariati elementi, colori minerali o chimici, si compone la miscela, che è a base di calce aerea bianca (grassello) e d'acqua. La calce bianca, in questa condizione, consuma la propria azione, e dà il proprio risultato finale in virtù dell'anidride carbonica nell'aria. Nasce da ciò un carbonato di calcio con un residuo di umidità di qualità salina che è facilmente suscettibile a congelarsi qualora la temperatura favorisse il fenomeno. Tenuto presente che i manufatti, nei periodi freddi sono piuttosto refrattari all'assorbimento, ne consegue che lo strato di calce applicato a bassa temperatura tenda ad indurirsi per carbonatazione, senza la dovuta aderenza al supporto sottostante, dimostrando tutta la sua debolezza quando la temperatura diverrà più calda e più secca. Allora lo stacco dal fondo sarà inevitabile e lo strato di calce tenderà a cadere in scaglie, scrostandosi e cadendo dal supporto. Cose queste ben note agli artigiani frettolosi che hanno voluto a tutti i costi lavorare all'esterno anche in Dicembre, quando la temperatura consiglierebbe ben altri lavori.

Da Dicembre a Marzo conviene lavorare all'esterno, solo nelle zone ove la temperatura difficilmente scenda sotto lo zero e limitatamente alle ore lavorative ove non si manifestano correnti d'aria fredda.

Per contro, in quelle zone ove vi sia pericolo di gelate, ci si limiti alle ore calde del giorno, applicando poca materia su superfici che diano chiaro segno di assorbimento. In ogni caso, all'abbassarsi della temperatura, mai farsi cogliere dal gelo con i tinteggi ancora bagnati.

Consiglio di cantiere:

Mai applicare un tinteggio a calce con temperature ambientali inferiori ai +5°C.

7. - *La tecnica del colore*

Il termine ‘tecnica del colore’, attribuita a chi è preposto alla scelta ed all’uso dei colori per il compimento del piano colorico delle città, credo non sia del tutto appropriato.

Oggi, per tecnica del colore dovrebbe intendersi più che mai l’arte di fabbricarli, che quella d’adoperarli; per quest’ultima vale, con miglior significato, ‘l’arte del colorire’. Perciò la vera tecnica del colore è l’operazione cosciente intrapresa dall’industria, che con applicazioni artigianali riesce ancora a riprodurre materie e mestiche come si faceva in antico.

Purtroppo, la crescente innovazione industriale e la necessità per alcuni di conquistare a tutti i costi sempre più vaste aree di mercato, hanno ridotto l’artista a servirsi dal commercio di materiali di cui non conosce né la composizione né il risultato. Solo a lavoro finito, dopo tardive e talvolta amare esperienze, egli riesce a comprendere quali sarebbero state le giuste scelte e quali i migliori modi per condurre il lavoro appena terminato. Ciò di cui possono disporre i tecnici ed i progettisti è la ‘tecnica del colorire’ quindi; essi dovranno diventare maestri nell’arte d’impiegare i colori, la quale per necessità, comprende tutte le operazioni necessarie alla scelta degli intonaci di fondo, la mescolanza fra le basi, l’uso dei vari ingredienti, semplici o composti, alla composizione della tavolozza per la singola facciata ed il fraseggio d’insieme per l’intera scena urbana.

Trattare il tema sull’intonazione dei colori in questo modesto manuale, è cosa superiore all’importanza del manuale stesso, e perciò mi limiterò ad indicare le poche norme che i novizi è giusto apprendano a beneficio della loro conoscenza sull’arte del colorire.

Terminato un lavoro si potrebbero riscontrare discordanze o stonazioni derivate da un difetto di grado o da un difetto di colore delle tinte. In tal caso le riflessioni da farsi sono:
a) Potrebbe mancare il giusto rapporto, o salto, o grado fra le tinte in modo da portare ad uno squilibrio d’insieme.

b) Si sono forse adoperate delle tinte di colore contrastante o sgradite all'occhio di chi guarda. Può succedere che l'osservatore, deviato dalla discordanza di una o più tinte, non può abbracciare, comprendere ed apprezzare, il complesso del lavoro, perché la presenza anche d'una sola tinta che sia di colore eccessivamente intenso, lo distrae dal giudizio complessivo.



Si rifletta su quanto segue:

- Quando si vuol intervenire con più tinte, è bene evitare i forti sbalzi: anzi, si dovrà aver cura che i salti fra un tono di tinta e l'altro siano gradualità.

Si riduca preferibilmente la gamma dei colori a 2 o 3 tinte principali, e all'occorrenza, si potranno produrre anche tanti mezzi gradi fra loro, quanti ne servono, specialmente quando si vogliono ottenere sfumature ed impasti dei diversi toni e gradi composti insieme.

- Nella composizione della gradazione delle tinte ed i loro mezzi gradi, bisognerà mantenere un giusto rapporto, avvicinandosi alle gradazioni più scure con toni sempre più caldi, in modo da ottenere alla distanza un effetto di maggior vaporosità e pastosità.

- Le tinte calde, accanto alle campiture scure, correggono quell'effetto ottico per il quale i colori coll'aumentare della distanza sembra anneriscano e diventino cupi.

A riprova di quanto detto, s'osservi da lontano una facciata color 'rosso Venezia' con i cornicioni e le cornici delle finestre tinte di bianco. Il rosso s'incupisce oltremodo e il bianco delle cornici risplende sempre di più; per contro, se i cornicioni ed i riquadri dei fori son tinteggiati con colori caldi che tengono del giallo nella combinazione, si vedrà sorprendentemente il rosso mantenere il proprio tono e grado.

- Quando si usano diverse tinte di diversi colori, onde evitare che qualcuna sfugga all'equilibrio cercato, bisogna far in modo che ognuna di esse partecipi alla presenza delle altre senza che nessuna sposti il tono delle tinte vicine. Ciò va particolarmente curato quando si debbono adoperare colori decisi e puri.

- Un giallo ed un rosso a contatto con un celeste o blu non ci potranno mai stare; sarà necessario accostarvi una terza tinta che con i due primi abbia affinità, o un colore semplice e puro che vada a dividerne il contrasto.

- Per conseguire effetti sicuri, bisogna tener conto anche dei gradi tonali dei singoli colori, e cioè: se fra due colori in contrasto v'è forte differenza di grado, il terzo colore da sposare ai primi due dovrà avere un grado ad essi equidistante. Se invece fra i primi due v'è eguaglianza di tono, anche il terzo dovrà avere egual tono.

- Oppure, fra due colori in contrasto si potrà associare un colore che col suo grado ed il suo tono, giaccia mediamente fra i due; e se ciò fosse di difficile attuazione si risolva preparando una terza tinta che sia più chiara del chiaro o più scura dello scuro di tanto quanta è la differenza di grado fra i due primi colori. Infine, se i due primi si equivalgono nel grado, il terzo dev'essere a loro uguale.



È bene tener sempre presente, in tutti i casi, l'effetto dei colori freddi e dei colori caldi, posti accanto gli uni agli altri, per conoscerne l'effetto correttivo che da essi procede.

L'intonazione dell'insieme parte dalla scelta della tinta madre o la tinta principale dei fondi su cui si lavora, i quali potranno essere presi come punto di riferimento come grado e come colore.

Sulla base della scelta operata si proceda a comporre le altre tinte nei rapporti di salto e colore voluti dalla sensibilità intuitiva, o mostrate in un campione o bozzetto; e quindi si mettano a prova in bottega, su un supporto trasportabile, o più immediatamente si faccia una prova sulla pietra di paragone.

La pietra di paragone è una specie di sasso, ovvero un estratto minerale, che ha la prerogativa di assorbire le tinte sopra esso applicate e renderle essiccate immediatamente; così si ha modo di verificare l'effetto che queste faranno sulle superfici a cui sono destinate senza l'obbligo d'attendere che i campioni di tinta s'asciughino.

Si osservino le campionature a debita distanza in modo che l'occhio pratico possa rilevare e correggere eventuali dissonanze o discordanze fra i colori; l'inesperto avrà in tal modo la possibilità d'osservare a lungo e riprovar più volte, sinché si sentirà sicuro del fatto suo, prima di cominciare i lavori, evitando così nuovi errori e costosi rifacimenti.

Osservando il procedere del lavoro, nel caso si riscontrassero lievi disaccordi fra le varie tinte impiegate, senza peraltro identificarne una particolarmente stonata, per trovarne la causa, bisognerà prima analizzare tutti i rapporti che corrono fra le diverse tinte e quindi trovare il rimedio. E non sempre questo arriva così tempestivamente come vorremmo.

- Lievi difetti possono derivare dalla troppa luminosità della tinta madre che copre le campiture più ampie. Cosa poco pratica quando questa viene messa in contrasto con le tinte più tenui di contorno. Di conseguenza, quest'ultime, essendo con la prima un po' in contrasto, nel giudizio totale, sembreranno loro la causa del difetto osservato e non la tinta di campo.

- Succede anche, che una delle tinte usate, sebbene perfettamente intonata alle altre, venga troppo estesamente adoperata coprendo larghi spazi, così da primeggiare sulla tinta madre, distruggendo l'equilibrio della composizione.

Anche il contrario può portare allo stesso difetto; il poco uso di una tinta, che per la sua qualità e grado avrebbe dovuto armonizzare con le altre, porta ad un impoverimento dell'insieme.

- Non ultimo, e forse questo è il caso più frequente, può mancare una tinta che con la sua presenza potrebbe completare l'armonia e portare nella varietà un equilibrio gradevole di pastosità intonata e festosa. Per poter giudicare esattamente quale sia la causa vera dei lievi disaccordi che rileviamo fra le tinte scelte, è necessario che sin dalle prime prove fatte su campioni mobili, le tinte siano disposte fra loro con lo stesso criterio col quale verranno disposte sul lavoro da eseguirsi. L'osservazione va ripetuta più volte a piccoli intervalli ed a varie distanze.

- Messe in opera le tinte, si osservi sin dall'inizio semmai ve ne fosse qualcuna che riesca un po' grave e pesante. Eventualmente ve ne fosse una, si unisca ad essa un po' della tinta della madre, oppure, se più conveniente, s'aggiunga alla tinta madre un po' della tinta che primeggia, in modo da mitigare l'effetto di contrasto.

- Può succedere però che l'aggiunta della terza tinta porti stonatura sia alla seconda che alla madre; in tal caso si diminuisca il disaccordo fra la seconda e la terza tinta dando all'una un po' dell'altra.

- Se vi fosse un eccesso della vastità della superficie dipinta con una tinta, pur in equilibrio ed accordo con tutte le altre, e questa sua invasione non si potesse più correggere, converrà, con tutti i mezzi conosciuti cambiare l'effetto d'insieme adattando su quelle campiture dei motivi o riquadrature della stessa tinta della madre. Oppure, non desiderando di sconvolgere la composizione, si potrà inventare una nuova tinta con la quale eseguire delle filettature da apporsi a mo' d'ornamento, col secondo scopo di ridurre all'occhio la vastità delle campiture che stonano.

- Ai principianti consiglio comunque di non stendersi immediatamente a provare a dipingere una facciata con più di due tinte.

I cornicioni, le cornici delle finestre, le paraste ed eventualmente i finti conci bugnati, vengano dipinti con una tinta color delle pietre naturali. Non si può sbagliare: tutto ciò che è in rilievo abbia un color neutro ed omogeneo, e sia lavorato a fino ma non lucido. Le superfici verticali piane, siano dipinte con un colore caldo se le finte pietre ad esso vicino tengono nella loro tinta il giallo od il rosso. Per contro, se le finte pietre fossero in tinta fredda allora anche la tinta madre dovrà tendere piuttosto al freddo.

Come primo esercizio si provi, per le facciate, un color pietra, neutro, ottenuto col bianco il giallo Siena e il nero terra di Cipro. Un siffatto colore dovrà esser tenue e caldo.

Per gli elementi aggettanti, come i cornicioni, i riquadri dei fori ed altro, si provi una commistione leggera, di grado più chiara della tinta madre, composta con il bianco, il giallo di cromo, e una punta di terra d'ombra fredda.



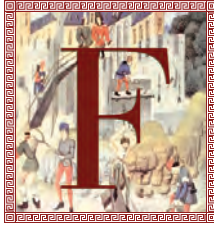
I verdi verzini e i color 'aria', delle campiture maggiori, dovranno intendersi come tinte neutre, e pertanto ben si sposteranno con i toni caldi del giallo foglia morta o il color tufo delle strutture aggettanti.



Con l'osservanza di quel po' che ho potuto suggerire, specie nel rapporto fra i colori, e con la possibilità di attingere alle poche formulazioni di tinte che sono messe a disposizione in questo manuale, credo che gli addetti ai lavori potranno affinare la loro sensibilità e rafforzare il loro innato intuito con l'uso della pratica.

Teoria e pratica, assieme, porteranno colui che ne conosce le regole, ad adoperare i colori in modo da accordarli nella composizione della sua 'musica del colore', come un musicista riesce con le note a dare la 'colorazione dei suoni'.

1. - Il marmorino



RA LE MOLTE varietà di *Opus Albarium* che il sommo Vitruvio descrive, molto probabilmente la più celebrata e la più diffusa è quella d'ottenere che la superficie dei muri diventi liscia e lucida ad imitazione delle superfici di marmo. Da qui il termine 'marmorino'

che i decoratori veneziani, ai tempi della Rinascenza, hanno fatto conoscere in tutti i luoghi ove questi venivano richiesti a prestare la loro Arte.

I marmorini lisci e lucidi, bianchi o colorati, monocromi o intarsiati, naturali o dipinti a finto marmo che si possono trovare sulle pareti interne ed esterne dei Palazzi e delle Ville Venete sono la testimonianza dell'esito estetico che il lavorar con la calce si può raggiungere.

Per ovvie ragioni non dirò in questo manuale delle tecniche e dei modi per ottenere particolari effetti decorativi con marmorini policromi misti a stucchi floreali in bassorilievo tipici dell'Arte Rococò, che sono la più alta espressione di questa mirabile tecnica: mi limiterò qui a suggerire di come si possa riproporre l'effetto marmo sulle facciate storiche interessate al progetto per il Piano del Colore delle nostre città.

- Si puliscano e si bagnino i muri, e si applichino eventualmente i rinzaffi consolidanti antisale qualora il troppo umido lo richiedesse.
- Si formino gli intonaci con calce forte e sabbie lavate o graniglie di marmo grossolane.

Si proceda a stendere la malta nei modi in cui si prepara un intonaco ordinario.

Primo strato:

Dopo che l'intonaco s'è indurito, si bagni bene il fondo e si principi con una stabilitura di calce grassa e sabbia non troppo fina. La proporzione sia 35 parti di grassello e 65 parti, su 100, di sabbia. Si stenda e s'allisci la superficie con l'uso del pialletto a feltro o a spugna. Questo strato non ecceda in spessore i 2 millimetri di materiale.

Secondo strato:

Quando il primo strato è fermo, ma ancora umido, vi si stenda un impasto composto di calce grassa ben stagionata e polvere di marmo in sabbietta commiste in parti uguali.

Il lavoro sia condotto, a freddo, col taglio della spatola quadra di ferro, o magari col dorso della cazzuola, in modo da ottenere che la superficie sia ben compatta e non mostri striature o bave di sorta. Lo spessore di questo strato sia minore del precedente.

Terzo strato:

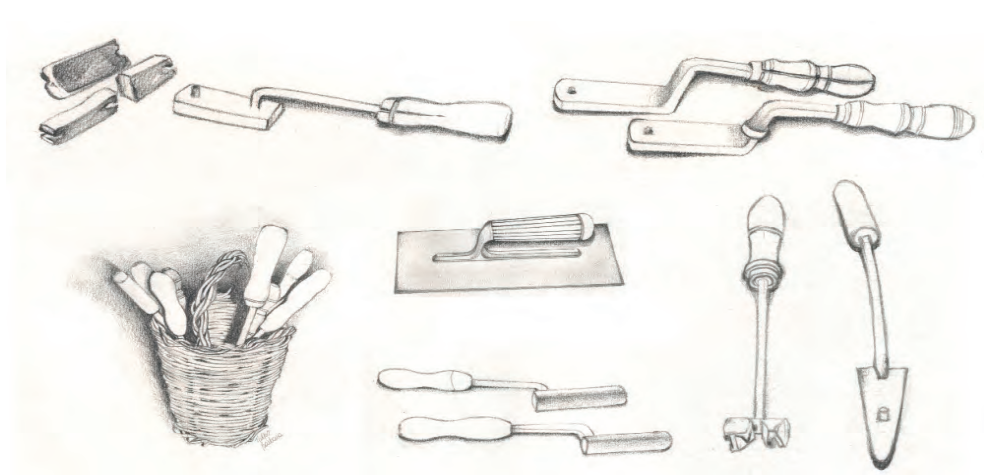
Per quest'ultimo strato si preparino una parte abbondante di calce grassa ben stagionata; una parte di polvere di marmo impalpabile ed una parte d'acqua nella quale sono state stemperate delle scaglie di sapone oleoso di Marsiglia.

La quantità di sapone da stemperarsi in acqua calda sia pressoché di grammi 300 ogni 10 litri d'acqua. Questo sottilissimo strato finale sarà steso col ferro quadro e tirato sottile facendo energica pressione del corpo sull'attrezzo.

È importante che questa operazione venga eseguita quando il fondo è ancora umido, in modo che quest'ultima velatura saponata possa venir levigata quanto non è troppo asciutta.

I fondi troppo secchi, tirati a ferro freddo, lasciano sulla superficie ingrati segni scuri non del tutto piacevoli a vedersi.

S'abbia scrupolo di usare, per la stesura dei marmorini, attrezzi di garantito acciaio inossidabile.



2. - *La lucidatura*

Dopo un paio d'ore circa, se ne continuerà la levigatura per ottenere la massima lucentezza, con uno speciale ferro caldo di forma di parallelepipedo con base concoide a testate smussate, con manico fisso di legno e condotto da un'impugnatura ancor di legno da incastrarsi in due denti fissi sulla parte opposta della base.

S'abbia l'accortezza di far precedere, ad ogni passata di ferro caldo, una morbida pennellata di acqua saponata che si era scrupolosamente messa precedentemente in disparte.

All'occorrenza, più si ripeteranno queste passate di saponata seguite dalla levigatura col ferro caldo, e più si otterrà che la superficie diventi liscia, lucida e dura.

Ogni qualvolta si toglie il ferro dal fuoco bisogna pulirlo con un panno ruvido, per togliervi gli effetti del fumo col quale si sporcherebbe facilmente la superficie. Inoltre è bene evitare che il ferro si reso rosso rovente dal fuoco, altrimenti potremmo provocare macchie di bruciatura e alterazioni della superficie dovute alla cottura del sapone: il che è un male.

Il ferro deve scaldarsi al punto d'assumere un color grigio azzurrognolo e sarà adoperato quando tolto dal fuoco, ed avvicinato a quattro dita dal nostro viso, dona alla guance un piacevole tepore: dovrà, a quella temperatura, scivolare docilmente sulla superficie da lucidare emettendo un debole rumor di friggere.

I marmorini così lucidati riusciranno di color bianco marmorato ed il più delle volte, molto probabilmente, sarà il colore voluto dalla committenza.

Qualora invece ci venga richiesto di dipingere i marmorini a fresco, si dovrà opportunamente intervenire appena la superficie sarà levigata a freddo, durante la stesura del terzo strato, prima di passare col ferro caldo per la lucidatura.

Steso l'ultimo strato, mentre la superficie è ancora umida, si esegua un tinteggio a pennello morbido usando un composto colorato misto ad acqua saponata preparata nelle proporzioni già menzionate.

Nella composizione delle tinte, per questo ultimo velo di colore, vi si mescola altresì: un po' di colla d'uovo, ovvero chiaro e rosso d'uovo sbattuti con 5 parti di saponata insieme; o altra colla come quella di gelatina, o di pesce, o di coniglio, ecc. mescolata anch'essa con l'acqua e sapone ingrassata con qualche goccia d'olio di lino e glicerina.

Queste miscele, oltre alle proprie qualità ritentive, resistono benissimo anche alla successiva levigatura col ferro caldo, qualora si volesse il lavoro lucido ad imitazione del marmo.

In ambienti e superfici esterne, esposti molto all'acqua, all'umido e all'aggressione salina, intonacando e dipingendo le facciate a fresco, come appena detto, si ottengono risultati estetici che dall'intonaco comune non si possono certamente sperare.

La superficie del marmorino, preparata a tre strati, qualora sia perfettamente asciutta e carbonatata, acquista, coll'andare del tempo, tale durezza da esser poco meno del marmo anche come impermeabilità.



Marmorino del periodo Rococò

Nei casi in cui si volesse che la superficie fosse rifinita con un marmorino a tinta unita, colorato con un preciso colore ed un precisa intonazione, allora i colori e gli ingredienti necessari per raggiungere il grado ed il tono richiesto possono essere mescolati nella pasta del marmorino: e così si avrà oltre la compattezza della tinta, anche la resistenza fino alla completa consumazione dei tre strati di tonachino, cosa questa, se non impossibile molto rara.

Non tutti gli artieri decoratori possono disporre di quei particolari ferri, di cui s'è detto poc'anzi, per levigare i marmorini a caldo: ciò non significa che essi non possano ottenere lo stesso scopo lavorando in altro modo o componendo le materie in altra maniera.

a) Si eseguano i tre strati di tonachino nella maniera e con le materie descritte precedentemente. Si eviti l'uso dell'acqua e sapone nella preparazione dell'impasto e del colore: s'impieghi semplicemente acqua pura.

La saponata, preparata con 300 grammi di sapone oleoso di Marsiglia ogni 10 litri d'acqua calda, viene steso a pennello sopra il terzo strato dopo che questo è stato ben liscio ed è ancor umido, e sta facendo presa.

Si ripeta l'operazione di imbibimento dell'acqua e sapone finché la superficie s'asciuga e dà segno di volerne assorbire ancora. Quando la superficie è sazia, s'attenda che il sapone sia perfettamente asciutto, il che può avvenire dopo 3 - 4 ore dipendentemente dalla temperatura, quindi, con un panno di vera lana si soffregghi energicamente su tutta la facciata. Il risultato sarà più che soddisfacente.

b) Lucidare i marmorini con la cera d'api non è cosa minore. Difficilmente la cera può essere stesa sulle superfici levigate di recente amenoché queste non siano perfettamente asciutte. S'attenda quindi che sul terzo strato, ben steso e liscio a ferro freddo, non traspaia alcuna traccia d'umido.

Si prepari della cera pura d'api diluita in trementina. La consistenza della materia dovrà essere tale da poter essere stesa a pennello sulla parete. Una parte di cera e tre parti di essenza di trementina, stemperate in un recipiente posto su poca fiamma, usualmente fanno al caso.

Si passino, orizzontalmente, larghe pennellate di liquida cera sul marmorino asciutto; dopo due o tre ore la parete si sbianca per la cera che s'è asciugata ed allora si ripeta l'operazione pennellando la cera verticalmente. Allorché anche la seconda mano s'è asciugata, si passi soffregando con un cencio di buona lana o con un grosso tampone di cotone idrofilo. Il risultato che s'ottiene è notevole.

c) Si provi a mescolare alla pasta colorata del marmorino, composta di calce grassa e polvere di marmo impalpabile, un po' di colla di pesce stemperata in latte caldo, e vi si aggiunga poi dell'olio di lino cotto chiarificato o dell'olio di ricino raffinato, o, se preferito, dell'olio d'oliva. Gli impasti così preparati non abbisognano d'essere trattati con cera o sapone per diventare lucidi. L'energica azione del ferro freddo già sul secondo strato così preparato, quando questo è ancora umido, porta la superficie a diventare straordinariamente lucente.

I finti marmi

Per tutti coloro che si apprestano a dipingere gli stucchi ad imitazione del marmo, darò alcune indicazioni sulle combinazioni delle terre da impiegarsi.

Ci si approvvigioni con le seguenti terre:

Nero: nero di Francoforte o di Germania. Se si vuol avere una tinta molto intensa si aggiunga un po' di indaco.

Rosso: lacca di Vienna, rosso d'Inghilterra, ocre bruciata, cinabro, rosso di rame.

Giallo: ocre gialla, giallo di cromo (chiaro e scuro), giallo minerale.

Azzurro: indaco, azzurro di Prussia, azzurro minerale oltremare.

Bruno: terra di Cassel, terra d'ombra.

Verde scuro: è composto di terra verde, di ocre gialla, di indaco, di nero vegetale.

Ecco alcune composizioni dei principali colori dei marmi più comunemente imitati:

Marmo verde chiaro: il colore di fondo è composto di azzurro di Prussia e di giallo cromo; le vene si fanno con giallo di cromo e con lacca di Vienna.

Marmo verde scuro: il colore di fondo si ottiene con ocre gialla, indaco e nero di Germania; le vene si formano con nero di Germania e con un poco di indaco, le macchie bianche con dei pezzettini di alabastro.

Marmo bigio: è composto con nero di Germania.

Granito bigio: nero di Germania con un po' di rame e dei pezzetti di alabastro.

Marmo nero: nero di Germania con un po' di indaco; le vene si fanno con ocre gialla e con un po' di giallo di cromo, e le vene bianche con gesso.

Marmo azzurro (lapislazzuli): azzurro di Prussia con un po' di indaco; le vene dorate con limatura di ottone, che non dovrebbero assolutamente contenere particella alcuna di ferro.

Marmo rosso: lacca di Vienna o rosso d'Inghilterra.

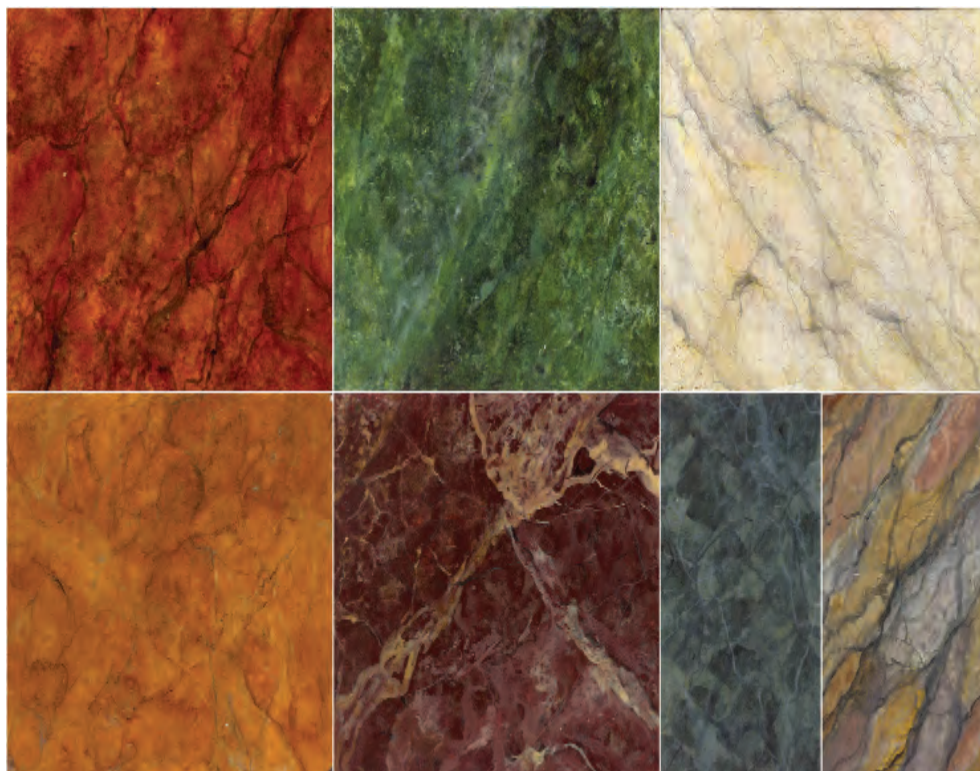
Porfido bruno: il colore di fondo si ottiene con rosso di rame misto con un po' di indaco e vi si mescolano pezzettini di alabastro.

Granito bruno: il colore di fondo consta per metà di rosso di rame e per metà di rosso d'Inghilterra, vi si aggiungono dei pezzettini di gesso bigio e di mica.

Marmo giallo chiaro: il colore di fondo si ottiene con ocre gialla, e le vene si fanno con rosso d'Inghilterra e con verde oscuro.

Marmo giallo scuro: il colore di fondo con ocre gialla, le vene con rosso di rame.

Granito giallo: il colore di fondo con ocre gialla contenente pezzettini di mica e di alabastro; le vene collo stesso colore, ma un po' meno intenso.



Finti marmi

3. - *I tonachini color pietra naturale*

Il problema della pianificazione e della manutenzione delle superfici di sacrificio delle facciate degli edifici storici è entrato nel vivo dei temi di dibattito soltanto in questi ultimi decenni, dopo che l'abbandono dell'antica pratica della preparazione e l'applicazione di malte da intonaco, che conferivano alle facciate il colore delle materie applicate, ha indotto molti progettisti e restauratori a porsi su una prospettiva critica rispetto ai molti Piani del Colore proposti in varie città del nostro territorio.

I manuali e la trattatistica dell'Ottocento, da Milizia a Valadier, citano l'opera della messa in pristino delle facciate ed il loro colore come un'operazione del tutto normale, legata alla tradizione ed alla *Scuola*, con tempi scanditi dal naturale degrado dei materiali sottoposti, come sempre, all'oltraggio del tempo. La regolare manutenzione era, nel passato, oggetto della comune tradizione e momento di consegna dell'antica *Regola dell'Arte* alle nuove generazioni. Ora che l'intervento sul costruito si concentra per lo più su interventi a lungo termine, e l'esercizio della manutenzione a tempi brevi viene del tutto abbandonato, ci si trova in presenza di vuoti generazionali ed alla inevitabile perdita della sensibilità all'uso della materia ed al suo naturale colore, demandando ad altri la scelta per ciò che per tradizione avremmo dovuto aver ereditato da chi ci ha preceduto.

Fortunatamente una riconquistata sensibilità all'uso della materia, come mezzo per colorire gli edifici, oggi ci consente di riscoprire e riproporre composizioni di malte da intonaco dal naturale colore, così com'è sempre stato sin da prima dell'avvento delle più recenti tecniche di tinteggio, che hanno modificato drasticamente la *facies* delle nostre città.

Nelle formulazione del Piano del Colore un particolare sforzo dovrebbe essere rivolto a diffondere l'antica cultura dell'uso della materia e del suo naturale colore, sul quale fondare il progetto di restauro delle cromie, prima di rivolgerci inevitabilmente alla nuova pratica dell'uso dei moderni tinteggi. La ricerca di questa pratica dovrebbe essere inoltre estesa alle varie realtà culturali ed architettoniche del nostro Paese, ponendo particolare attenzione al patrimonio storico che caratterizza l'ambiente in cui esso è inserito.

L'aspetto delle malte e dei conglomerati 'a vista', degli edifici antichi, è fortemente connotato dalla 'grana' e dai toni cromatici assunti dalla presenza di aggregati localmente reperiti e disponibili nel cantiere del passato. Diversamente, si riscontra oggi una diffusa inadeguatezza negli interventi di conservazione e manutenzione degli intonaci non tinteggiati e delle strutture murarie storiche 'nude', che richiederebbero un impegno più puntuale, teso a migliorare la qualità dell'opera.

Il vasto patrimonio dell'edilizia storica *non tinteggiata* è oggi largamente confuso con il costruito moderno: e pertanto i progettisti e gli operatori sono spesso inconsapevolmente indotti a scelte non del tutto adeguate; ed è per tale ragione che si assiste spesso ad inconvenienti dovuti all'incompatibilità tra i materiali usati e le preesistenze poste in pristino. Il tema meriterebbe di essere approfondito per tutti quei casi in cui l'esito estetico e la compatibilità funzionale, andrebbero affidati esclusivamente all'uso tradizionale delle materie locali e l'antico modo di applicarle.

La ricerca sull'uso delle sabbie locali delle malte dal colore naturale ritrovate sui muri degli edifici storici di tutto il territorio indagato, andrebbe sviluppata in un articolato esame sul campo. Per ciascun genere di elementi in malta a vista (giunti murari, intonaci, tonachini, ornamenti, stipiti e cornici, basamenti, finti bugnati, ecc.), l'esame sul luogo dovrà individuare puntualmente i nessi architettonici inscindibili tra i caratteri di dettaglio della 'materia' indagata e l'immagine d'insieme dell'edificio stesso.

L'esame *in situ*, del colore dell'edilizia regionale e l'analisi petrografica sulle sabbie locali di alveo, di cava e dalla risulta del taglio di pietre locali, dovranno infine condurre simultaneamente al piano storico cromatico generale. In molti casi il confronto con i caratteri delle *malte dal colore naturale, non tinteggiate* degli edifici storici, confermerà l'ipotesi formulata in origine, ovvero che in passato, in ciascuna zona siano state prevalentemente utilizzate, per secoli, le stesse sabbie disponibili nelle vicinanze degli edifici.

«Siano ammoniti tutti quelli che fabbricano di servirsi delle materie che sono comode e vicine e che si possono avere con manco costo».

Così lo Scamozzi spiega come il fattore economico abbia condizionato nel passato la scelta dei materiali da costruzione. Ai suoi tempi l'attività edilizia si avvaleva principalmente di materiali locali, poiché la difficoltà delle comunicazioni rendeva molto costose le importazioni da luoghi lontani.

Vi sono aree ove scarseggiano materiali litoidi, utilizzabili come pietra da taglio, ma abbondanti sono i terreni argillosi utili per fabbricare mattoni; per contro, in altri siti, scarseggia l'argilla e quindi l'antica tradizione riproponeva la tecnica del costruire con pietre locali squadrate, rispondendo all'esigenza imposta dall'Arte di impiegare la materia meno costosa e tralasciare la più lontana; e laddove la pietra veniva lavorata, la risulta veniva finemente franta e ridotta a sabbia, da mescolarsi con la calce per confezionare malta per allettare i conci. Si è altresì confermata l'ipotesi, che in ciascun luogo i caratteri della 'grana', delle malte a vista, si associ ai caratteri della pietra da costruzione o pavimentazione locali, nonostante le diversità di gusto e d'epoca degli edifici che li costituiscono.

D'altra parte, il confronto fra le sabbie locali cernite e la raccolta di campioni di malte, prelevate da vecchi edifici, ha messo in luce la grande varietà di sabbie e malte, caratteristiche delle diverse zone d'Italia. A tal proposito sarà sufficiente osservare le malte paglierine del leccese, realizzate con le sabbie gialle ricavate dal taglio dell'omonima pietra arenaria; le malte di un giallo ancor più acceso, composte con la risulta della lavorazione della pietra di Favignana; le malte rossicce ottenute dall'uso della polvere del coccio pesto; così come le malte siciliane ottenute con la mescolanza d'argilla rossa naturalmente torrefatta dalla lava dell'Etna o le malte bigio-nere ottenute con sabbie vulcaniche, entrambe reperibili nella piana di Catania, che i locali chiamano rispettivamente 'ghiaira' e 'azolo', ed altre infinità di sabbie e mondiglie che donano alle malte toni e vibrazioni cromatiche tipiche del costruito locale, che attiene al passato.

Dall'osservazione di queste materie, si dovrebbero individuare le connessioni storiche rilevabili tra le sabbie di un luogo e l'aspetto cromatico locale dei manufatti. In ogni caso le peculiarità cromatiche locali delle vecchie malte d'allettamento e degli intonaci non tingeggiati, risulteranno rapportabili a tre basilari fattori: la grana visibile dell'aggregato; la tessitura della superficie; ed il colore di fondo, conferito prevalentemente dal legante usato e dalle frazioni fini dell'aggregato, indistinguibili ad occhio nudo.

Da mandare a memoria

Un tonachino naturale è colorato dalla parte più fina del materiale che lo compone. Pertanto, se vogliamo colorare l'impasto con una sabbia o con del cocciopesto, questi dovranno avere in sé una parte molto fina per prevalere con la loro cromia. Se manca la parte fina della sabbia, il tonachino assumerà il colore del legante.

Infatti: una malta di cocciopesto grossolano appare più chiara, poiché la calce risulta avere una granulometria più fina. Un *tonachino alla cappuccina*, ove il cocciopesto è cernito fra il più fino, apparirà d'un bruno rossiccio più deciso.



Tonachini con sabbie colorate o cocchiopesto

4. - Il tonachino liscio, ma non lucido

Ci sono casi in cui i progettisti trovano che sia esteticamente più conveniente non lucidare le superfici ad imitazione del marmo, ma averle opache color delle pietre naturali. In questi casi l'artigiano, per raggiungere lo scopo, dovrà affidarsi al colore naturale delle sabbie da mescolare alle calcine per ottenere che i tonachini assumano l'aspetto voluto.

A differenza dei marmorini, nonostante la tecnica di applicazione sia la stessa, nei tonachini opachi color pietra non vengono usate polveri di marmo, bensì sceltissime sabbie di diversa finezza, colorate per loro natura. Ricordo, ad esempio, la sabbia del torrente Erega, che dà alle superfici un color giallo foglia morta; o le sabbie morte di campo di Vicenza, che sono spiccatamente di un giallo dorato; o altre sabbie ottenute dalla frantumazione o dal taglio di marmi dal colore deciso.

Oggidi si possono trovare sabbie giallo Siena, rosso Verona, rosa Zandobbio, o per dirla con lo Scamozzi, si possono selezionare sabbie color «rovaniccio, rossiccio, giallastro, bianchiccio, bigio o berettino», destinate alla preparazione di tonachini per le tinte maestre e le strutture aggettanti.

Questi cosiddetti ‘marmorini naturali’ si possono ottenere mescolando 60 parti di sabbia colorata in 40 parti di buona calce grassa e stagionata.

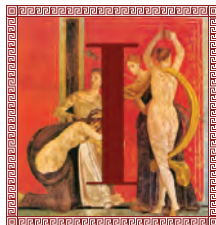
Il lavoro di stesura e di lisciatura venga eseguito con la spatola quadra di metallo. Poiché non vi è la possibilità di selezionare sabbiette dalla impalpabile consistenza, come peraltro si può fare con la polvere di marmo, questi tonachini possono essere portati a termine con soli due strati di materiale: il primo va steso a ferro e lisciato con il pialletto di feltro o di spugna; il secondo ed ultimo, va anch’esso steso a ferro, in spessori più sottili, e lisciato col taglio dell’attrezzo quando il fondo è ancor umido e sta per indurire.

Le superfici coperte con questi tonachini composti di sabbia e calce, per quanto l’artigiano tenti di lisciarle col ferro freddo, non diventano mai lucide. I lavori così rifiniti, anche se trattati superficialmente con cera o sapone, rimangono sempre opachi come la pietra tagliata e lisciata a pomice.



Venezia ‘dipinta’ col colore della materia

§ 1. - Dell'Affresco



L RECUPERO degli affreschi è una disciplina destinata esclusivamente agli specialisti restauratori; ciò non toglie che i tecnici che si occupano dei piani del colore non ne debbano conoscere l'Arte.

Secondo le consuetudini dei pittori della Rinascenza, ecco i punti più salienti:

- I. Preparazione del cartone.
- II. Applicazione dell'intonaco.
- III. Battimento dei fili.
- IV. Spolvero del cartone sull'intonaco.
- V. I colori.
- VI. Applicazione dei colori.
- VII. Ritocco degli affreschi.

I. Preparazione del cartone - L'improvvisazione non è pratica che consenta di affrontare la delicatissima opera della pittura a fresco. È necessario anzitutto preparare un cartone e cioè un disegno eseguito su di un grande foglio di carta o di tela o su più fogli di carta e tela e riproducente il soggetto o la scena dell'affresco nelle esatte misure in cui dovrà apparire sull'intonaco.

Tale preparazione si svolge nel modo seguente:

a) Si appronti un disegno del progetto su di un pezzo di carta mediante uno schizzo abbozzato.

b) L'abbozzo della composizione (o *sinòpia*) venga eseguito direttamente sull'arricciato a grandi linee in modo approssimativo e grossolano col pennello intriso di terra rossa, in modo d'avere subito una visione generale e riassuntiva dell'insieme e meglio poter giudicare della sua grandezza e del suo equilibrio.



c) Si pratici sull'arricciato dell'abbozzo un reticolato avente un'ideale maglia; si riportino quindi tutta la composizione su grandi fogli di carta (segnandovi, i punti precisi corrispondenti alla quadrettatura del reticolato), sui quali, con comodo, si preciserà e si perfezionerà il disegno col chiaroscuro e talvolta anche con il colore. Sia che si riporti la intera scena, o solo parte di essa, tutti questi disegni devono avere la grandezza precisa ed esatta dei medesimi disegni definitivi sul muro.



II. Applicazione dell'intonaco - Dopo aver preparato il muro e l'arricciato, nel modo come si è già detto in questo manuale, si dovrà procedere ad applicare l'intonaco sul quale poi dovrà essere riportato il disegno e dipinto l'affresco.

Sull'arricciato, che deve risultare sufficientemente imbibito d'acqua, si applicherà l'intonaco per quel tanto di porzione che si potrà dipingere nella giornata perché la calce ha una durata limitata non solo per se stessa, ma anche in relazione alle stagioni. D'inverno e con tempo umido, per esempio, essa dura più a lungo. Questa è la ragione per la quale d'estate è meglio rinunciare a dipingere a fresco. Bisogna altresì evitare il riscaldamento dell'ambiente e della parete; per contro favorire l'umidità anche con panni bagnati applicati la sera vicino al muro quando si sospende il lavoro.

La superficie dell'intonaco deve essere spianata e pressata con la cazzuola e spruzzata d'acqua e levigata anche con la tavoletta. Tutti gli affreschi che meglio hanno resistito risultano lisci come lastre di marmo.

Nell'applicare l'intonaco è sottinteso che tanto il muro quanto l'arricciato, come l'intonaco medesimo, dovranno essere preparati con quei criteri di cui s'è detto parlando di essi.

Per piccoli esercizi d'affresco o per studi di pittura, si potranno intonacare supporti di qualsiasi tipo, purché sappiano mantenere l'intonaco senza staccarsi dal fondo o cavillarsi.

III. Battimento dei fili - Non appena l'intonaco avrà acquistato una certa consistenza, si *battono i fili*. Battere i fili significa segnare sul muro - dopo aver messo l'intonaco - le necessarie linee orizzontali e verticali alle quali dovrà far riferimento la composizione precedentemente reticolata ed eseguita a parte, ovvero preparata direttamente sull'arricciato.

Per battere i fili si proceda in questo modo: si prende un lungo spago e lo si strofina di colore in polvere, oppure lo si inumidisce del colore di cui sarà imbevuta una spugna inumidita.

Si fissa questo spago a un dato punto e si tira dall'altro capo facendolo passare per i punti voluti.

Quando lo spago sarà ben teso lo si solleva con due dita e lo si lascia scattare. In tal modo battendo sull'intonaco esso verrà a segnare una linea retta.

IV. Spolvero del cartone sull'intonaco - Ritrovati i punti fissi stabiliti nel muro si appoggia il cartone sull'intonaco e lo si spolvera. Tale azione consiste nel bucherellare con diligenza tutti i contorni della composizione disegnata nel cartone e nel tamponarti sopra con un sacchetto ripieno di carbone pestato (o terra rossa) e così si ottiene sull'intonaco la riproduzione esatta a puntini di tutta la scena disegnata.

V. I colori - Dopo avere eseguito i cartoni ed averli spolverati sull'intonaco si dovranno preparare i colori i quali dovranno risultare purificati e molto macinati, perché l'affresco richiede dei colori di grana finissimi.

L'alcalinità della calce non permette, nella pittura a fresco, di usare i medesimi colori che si usano nella pittura ad olio e a tempera. Ma le indagini moderne hanno permesso di formulare per l'affresco una tavolozza assai più ricca di quella usata nel passato. Possono resistere a detta alcalinità ed essere usati senza incertezze i seguenti colori:

- Cadmio limone.
- Giallo di stronziana.
- Giallo di zinco.
- Rosso di Relio.
- Rosso di Cadmio.
- Rosso indiano, molto resistente.
- Cinabro lavato in acqua di calce.
- Rossetto d'Inghilterra che nel seccare sembra una lacca.
- Azzurro di Cobalto.
- Azzurro di Lapislazzuli.

- Smaltino.
- Verde Smeraldo.
- Verde Oltremare.
- Verde Veronese.

Resistenza assoluta:

- Terra verde purché di buona qualità.
- Terra gialla.
- Terra rossa.
- Terra d'ombra.
- Terra di Siena naturale.
- Terra di Siena bruciata.
- Terra di Colonia bruciata.
- Terra nera di Venezia.
- Caput Mortum.
- Nero di Manganese.

Si ricorda che solo l'azzurro di cobalto può essere usato a fresco; l'azzurro di lapislazzuli, come lo smalto ed il nero, non si possono usare che misti a colla, o all'uovo, dacché questi colori non ritengono l'acqua. Infatti, fino al 1600 l'azzurro si è quasi sempre applicato a tempera. Inoltre è meglio evitare l'azzurro oltremare (artificiale), poiché spesso impallidisce e scompare del tutto.

Per quanto riguarda il bianco, invece, è bene ricordare di non servirsi del bianco d'argento che annerisce col tempo.

Per l'affresco non vi è di meglio che usare il bianco S. Giovanni, avendo l'accortezza di sottoporlo a un'intensa ed accurata macinazione.

Per sciogliere i colori si adopera nell'affresco la semplice acqua che rende la tecnica dell'affresco analoga a quella dell'acquerello, ossia procedendo per velature con poco o punto bianco. Il colore dato così con l'acqua a velature penetra bene nell'intonaco e non si spolverizza, né si scaglia.

Le miscele di colle, gomme e altri mordenti, che si usano incorporare nei colori per dipingere a tempera, non devono essere usate nell'affresco; in tal caso la pittura non sarà più a fresco ma tempera a calce, cosa peraltro assai diversa.

È noto che i colori in polvere bagnati cambiano di tono quando usati nell'affresco; essi infatti risultano più scuri di quando saranno asciutti. Per tale motivo è bene provare avanti il cambiamento di tono provando la tinta bagnata sopra un pezzo di gesso o qualcosa di simile.

La densità delle tinte è giusta quando il pennello, dopo essere stato immerso nel colore della ciotola, lascia cadere qualche goccia solamente. Se il colore fila in modo continuo è troppo acquoso.

VI. Applicazione dei colori - Molti antichi e alcuni pittori moderni hanno dimostrato e dimostrano di preparare l'affresco in modo monocromatico (bianco, nero e bruno) e in un secondo tempo applicano i colori. Questa preparazione monocromatica viene usata specialmente da coloro che cominciano il lavoro a fresco e lo finiscono a tempera.

Per l'applicazione dei colori nell'affresco, nel caso che non vi sia preparazione monocromatica, si dovrà procedere nel seguente modo:

a) Preparazione in vasetti di tutte le tinte in soluzione.

b) Si dovranno tenere pronti due vasi d'acqua, uno per lo sciacquo immediato dei pennelli e l'altro per sciacquarli in acqua limpidissima.

c) Nel cominciare ad affrescare, il colore non deve essere mai troppo acquoso. I primi colori applicati sull'intonaco vanno messi con toni densi e caricati perché l'intonaco li assorbe con rapidità e quindi si indeboliscono. Però alcuni pittori usano trattare l'affresco allo stesso modo dell'acquerello applicando il colore a velature anziché denso. È una questione di scuola.

Ogni parte che si dipinge va ultimata poiché ogni eventuale ritocco dopo qualche ora si trasforma in macchia.

d) Alla fine della giornata non appena si avverte che il colore non fa più presa perché la superficie è troppo assorbente è segno che bisogna sospendere il lavoro perché l'intonaco, asciugandosi, ha perduto della sua duttilità. Sempre alla fine della giornata si asportano le parti d'intonaco che sovrabbondano.



Sinopia di abbozzo e successivo affresco

VII. Ritocco degli affreschi - La calce spesso può provocare delle alterazioni nella pittura a fresco per cui saranno necessari dei ritocchi.

In genere questi ritocchi sono a tempera di colla oppure di uovo; o di caseina o di caseina e calce. Però possibilmente non è consigliabile insistere in questi ritocchi a tempera per il loro carattere di sordità in relazione alla genuinità dell'affresco.

Per gli affreschi eseguiti all'esterno l'unica tempera che è indicata e che dà maggiori probabilità di resistenza è quella di caseina e calce, ma più sicuro ancora è il ritocco a mezzo di colori minerali a soluzione di silicato ma occorre molta pratica ed attenzione.

È forse necessario qui citare l'origine di alcuni pigmenti, specialmente fra quelli più menzionati nella letteratura specialistica del passato.

Porpora: che Vitruvio, Plinio ed il Cennini conoscevano come Ostro Sidonio, Ostrum, Tyria Purpura o semplicemente Purpura, un pigmento di origine animale, naturale, organico; del quale si sa del suo uso sin dal lontano 1600 a.C., usato in Età classica sino al Medioevo. Altro non è che l'essenza dei molluschi mediterranei 'Murex Brandis' e il 'Purpura Haemastoma', con eventuale aggiunta di caolino.

Terra d'ombra naturale: detta in antico 'Sinopis Pressior', e conosciuta coi nomi di Terra fine di Turchia, Terra d'ombra di Cipro, Sombra de Venecia, Bruno di Roma o più semplicemente Terra ombra.

Minerale inorganico, di origine preistorica, usata in Età Classica dai Greci, Egizi e Romani; diffusamente citata da Plinio, Pacheco e Palomino.

Ocra Gialla: conosciuta dagli antichi come 'Ocria, Ocrum, Ogra od Ochra', che si trova in natura in Toscana, nel veronese, ed in Sardegna; nonché in Borgogna, Spagna, Inghilterra, Irlanda ed in Egitto. D'antichissima origine, diffusamente usata nel XV secolo, presente in quasi tutte le opere degli artisti Etruschi, Romani, Greci, Egizi; del quale uso molto ci viene dall'arte Pompeiana. Dell'ocra gialla disquisiscono ampiamente Cennino Cennini, Plinio, Eraclio e Teofilo.

Azzurrite: d'un bel azzurro intenso, usato sin dalle più lontane civiltà fino al XVI secolo, lodato dal Plinio e dal Cennini, conosciuto dalle antiche civiltà orientali, come dai Egizi, i Greci ed i Romani. Chiamato Lapis Armenius o Caeruleum cyprus, riconosciuto localmente come Ongaro, Azzurro della Magna o Azzurro di vena naturale.

Ocra rossa naturale: ossia Ochra rubrica come detto da Teofrasto, specifica per le tinte a calce, detta comunemente Rosso di Prussia, di Spagna o di Venezia, s'ottiene con la calcinazione in forno delle ocre gialle. Delle quali, per questo scopo, se ne ritrovano fra le migliori fra quelle dell'Elba e di Pozzuoli.

Verde di Cromo: adattissimo per le tinte a calce, detto anche Verde smeraldo, ha avuto origine nel 1797, ma si ha notizia che abbia subito varianti e modificazioni fino al 1861, per averlo così come lo conosciamo oggi. Usato, nelle varie versioni, per tutto l'Ottocento, il verde di cromo s'ottiene dalla calcinazione di una miscela di bicromato di potassio con acido borico e zolfo.

Verde cobalto: conosciuto anche come verde di zinco o volgarmente verde turco, è stato inventato ed usato nell'Ottocento e s'ottiene sciogliendo ossido di zinco in una soluzione concentrata di solfato o nitrato di cobalto; il tutto vien calcinato, in forno, sino ad arroventamento.

Da non confondersi con la Terra verde naturale, ossia il 'verde appianum', altrimenti detto verde di Verona, che da Verona appunto proviene, che è stato usato in moltissimi capolavori d'Arte dell'Età classica ed il Rinascimento. Questa Terra, citata negli scritti di Vitruvio, Plinio, Cennini e Teofilo, si ottiene dalla decomposizione della angite in acido cloridrico diluito, con successiva purificazione.

Rosso di Cromo: minerale inorganico, la prima formulazione del quale si ebbe nel 1820, è stato largamente usato durante tutto l'Ottocento.

Verde oltremare: inventato nel 1827, usato per tutto l'ottocento, ottenuto dalla calcinazione del caolino con soda, zolfo, carbone e carbonato; per il quale la calcinazione dev'essere limitata altrimenti il suo colore vira in blu oltremare.

In totale, fra naturali e sintetici, organici ed inorganici, si contano oltre 160 pigmenti. Di cui non meno di: 8 aranciati; 15 azzurri; 20 bianchi; 20 bruni; 25 gialli; 23 neri; 19 rossi; 24 verdi e 9 viola.



2. - *La tempera*

La cosiddetta tempera si distingue dal guazzo perché nel diluire i colori non s'usa esclusivamente acqua.

Eccetto i colori stemperati nell'olio, che sono prerogativa d'una tecnica specifica, le tempere, nel passato, venivano preparate con collanti d'origine animale o vegetale, avendo per iscopo di ottenere che le tinte acquisissero forti caratteri di adesione, durezza e ritentiva.

In pittura, prima dell'avvento dei leganti di sintesi, una tempera adeguatamente adesiva veniva semplicemente ricavata da una serie di prodotti naturali come la gomma arabica, la gomma dragante, l'uovo, la cera sciolta in essenza, ecc.; mentre per il lavoro di tinteggio delle facciate le tempere venivano comunemente preparate, da imbianchini e decoratori, con i seguenti collanti naturali:

- Latte di mucca;
- Caseina;
- Colla di carniccio (forte);
- Colla di pelle;
- Colla d'ossa;
- Colla di pesce;
- Gelatina pura;
- Colla di farina (grano, amido, riso, fecola).

Le passate tecniche d'impasto delle tempere videro spesso il latte vaccino quale eccellente elemento collante in grado di conservare un'ottima aderenza; ed oggi come allora ci si avvede che il violento contatto del latte, non trattato, con l'aria, è causa della modificazione del colore delle tinte.

Per ovviare a tale inconveniente basterà procedere ad una semplice operazione di bollitura del latte per assicurarsi la medesima lenta presa e l'identica aderenza, rinunciando forse alla maggior resistenza; in quanto sta proprio nella 'grassezza' del latte impiegato la capacità di resistere più a lungo al peso degli agenti atmosferici.

Il latte può essere sapientemente adoperato in combinazione con le suaccennate colle come coadiuvante all'impasto, o come fissante di pigmentazione del guazzo o della calce.

In addizione con la calce, il latte e le colle intervengono decisamente nel processo d'indurimento della calce stessa ed a favore della capacità d'adesione delle tempere.

Una soluzione composta di piccole dosi di acido salicilico o silicato di potassio permette a questa sostanza, biologicamente tendente al degrado, una più durevole inalterabilità.

Tutti i derivati del latte, siero o latticini, possono essere impiegati nelle elaborazioni delle tempere. A questo proposito, valendosi del siero nell'impasto di calce grassa si giunge ad ottimi risultati di aderenza e ritentiva.

I coagulati di latte, impastati con calce e con questa diluiti, danno un risultato analogo alle tempere di caseina.

La caseina, che è il più comune ed il più antico prodotto, forse, usato per la preparazione delle tempere, veniva ottenuto dalla naturale coagulazione del latte; ed oggi questo processo viene condotto con l'ausilio della chimica.

La caseina è facilmente reperibile in polvere e di conseguenza la si stempera con acqua di calce impastandola fino ad ottenere una poltiglia gonfia come il lievito. Tale poltiglia si usa per impastare i colori diluendo il tutto con latte di calce.

Volendo ottenere una simile sostanza artigianalmente si proceda ad aggiungere, al latte scremato, alcune gocce di aceto puro o limone. La reazione provocata causa il precipitare, sul fondo del secchio, di fiocchi bianchi, mentre in superficie il siero che galleggia va eliminato.

Bisogna procedere con un ripetuto lavaggio dei fiocchi in acqua tiepida fino a che quest'ultima non appaia pulita, momento in cui la caseina è da considerarsi pronta per l'uso.

In occasione della preparazione della mestica di caseina con i pigmenti desiderati ci si serva ancora di alcune gocce d'aceto che provvedono all'ammorbidimento dell'amalgama impastata. Allo stesso modo, volendola preservare efficientemente per alcuni giorni (fino a 4) si ricorrerà ad un'emulsione di olio e acqua in proporzioni di 2 parti di caseina e 1 di emulsione.

All'occorrenza si stempererà parte della pasta di caseina colorata, in una certa quantità di latte di calce, per ottenere la tinta pronta da usarsi.

Una tempera di straordinaria compattezza si ottiene anche impastando, al momento, il bianco del latte di calce, ovvero grassello diluito, con la caseina. Per giungere a un risultato in questo senso ci si vale usualmente di 500 grammi di caseina in polvere, stemperata in 20 litri di latte di calce, possibilmente vecchio e denso e mischiato ai colori desiderati.

Il prodotto che s'ottiene dall'amalgama a tempera di caseina sarà quindi una tinta densa e vischiosa che richiederà una stesura manuale a pennello che esclude conseguentemente altre tecniche, quali quella a pertica o a pompa irroratrice.

Impastando la coloritura a caseina, con una forte tempera di colla, otterremo un materiale lavabile che potrà, al caso, sostituire quello usato nelle pitture a fresco, essendo di colore sempre nitido, a tinte brillanti, con il solo difetto di non ammettere quasi assolutamente un qual si voglia ritocco.

Prima di procedere coi tinteggi ci si assicuri che la superficie su cui andrà stesa la tempera di caseina sia totalmente priva di polvere o qualsiasi altro elemento alieno alla superficie stessa.

Quando si dovesse ritinteggiare un intonaco a calce preesistente, sarà opportuno preparare il fondo con uno scialbo di latte di calce, avendo cura di neutralizzare le eventuali parti di superficie, eventualmente ancora stuccate in gesso, con una mano di fluosilicato di potassio.

È interessante sottolineare che le superfici su cui vengono applicate tinte a tempera di caseina, possono venire dipinte con qualsiasi tecnica, specialmente con velature, ottenendo degli effetti decorativi sorprendenti.

Nel caso la superficie da tinteggiare fosse legno, la tempera a caseina dovrà esser applicata in strati poco densi. Il fondo di legno verrà approntato con alcuni strati di carbonato di calcio impalpabile misto a caseina, ed in seguito, completamente lisciato con carta fine.

Si dovrà inoltre aver cura di pulire bene i pennelli usati, per stendere le tinte a caseina, per ovviare ad un celere deterioramento.

Benché nel passato si siano frequentemente usate ottime colle derivate dalla lavorazione di materie d'origine animale o vegetale, come accennato in questo capitolo, oggi l'industria moderna è in grado di proporci colle di sintesi altrettanto valide e durevoli.

Vi sono alcune regole da rispettare se si vuol che un tinteggio a colla non serbi qualche sgradita sorpresa.

1. - Se non si vuol che le superfici tinteggiate tradiscano i sottostanti rappezzi di vecchio e nuovo intonaco, ed eventuali parti grasse lasciate dalle vecchie tinteggiature, sarà buona cosa il passarvi una prima mano di colore molto diluito in modo da uguagliare la tinta di fondo.

Se ciò non fosse fatto, le superfici traspariranno, immediatamente o dopo breve tempo, macchie ed aloni difficilmente eliminabili se non coprendoli con ulteriori mani di tinta che, oltre a render l'opera più costosa e più facile da scrostarsi, non la faranno certo più bella.

2. - Sappiamo che i colori fini e forti di grado possono risentire dell'influenza delle diverse qualità di calce (e di cemento) adoperate per formare gli intonaci da tinteggiare.

Si possono riscontrare macchie di diversa forma e colore, su superfici di fresco tinteggiate o magari anche solo da poco tempo ultimate e che a lavoro fresco sembravano ben riuscite. Ciò dipende dalla capacità d'essiccazione dell'intonaco sottostante e dalla sua potenza corrosiva, nonché dalla malefica azione dei sali idrosolubili inevitabilmente nascosti in ogni malta che abbia visto, anche in minima parte, l'uso del cemento. Tali difetti sono dati, per prima e con maggior insistenza e durata nel tempo, dal cemento, poi dalle calci eminentemente idrauliche, che dai cementi derivano.

Superbi risultati s'ottengono invece allorché i tinteggi vengono eseguiti su robusti intonaci di calce idraulica, ottenuta da miscelazione a freddo (vedi la nostra 'Pantheon'), rifiniti con tonachini di calce grassa di esiguo spessore.

3. - Facilmente può accadere di riscontrare in una sola parete dipinta con tinta tolta dallo stesso recipiente e stesa dallo stesso operatore, diversi gradi di colore. Tale inconveniente deriva dall'improvviso cambiamento d'aria più o meno diretta; dalla mutata temperatura ambientale, nonché dal differente grado di umidità del sottofondo che ne determina il differente grado di assorbimento.

Più le tinte sono forti e più sollecito dovrebbe essere il lavoro, evitando di far ritocchi quando le condizioni ambientali possono esser cambiate.

3. - Le tinte a calce

Si trovano in commercio diversi tipi di calce che teoricamente potrebbero essere adatte alla tinteggiatura esterna degli edifici. Si potrebbe usare la calce appena spenta fornita in grassello, e si potrebbe lasciar stemperare in acqua, per almeno 24 ore, della calce idrata in polvere per ottenere la pasta che serve a preparare le nostre tinte: ma niente è più sicuro e più affidabile che la grassa ed untuosa calce che si ottiene lasciando macerare nelle fosse il grassello per lungo tempo.

L'acqua in cui si lascia macerare la calce dovrà necessariamente essere immune da qualsiasi ingrediente organico deliquescente, né dovrà contenere acidi, sali, alcali o altre sostanze nocive alla perfetta maturazione del grassello. L'impurità dell'acqua è spesso volte causa dell'incompattezza delle tinte, e dell'alterazione dei colori in essa mescolati, e di macchie salnitrose o di cloro nella superficie.

Ai molti artigiani che spesso mi chiedono come si fa a distinguere una buona calce da una scadente non mi resta che consigliarli di affidarsi alle analisi di laboratorio dei materiali che acquistano e che essi dovrebbero pretendere dai loro fornitori. Dico ciò a beneficio della chiarezza nel linguaggio e nei termini scientifici, che devono caratterizzare il prodotto piuttosto che cercar credito in argomenti che confondono e che sminuiscono la capacità di scelta degli operatori.

Un esempio: Troppe volte sento taluni vantare di poter disporre di calce ‘pura al 99,9%’, dacché il grassello proposto è ricavato dalla cottura di purissimi calcari. Niente di più errato. È come dire che noi disponiamo del migliore dei vini solo perché l’uva da cui questi sono ricavati è di primissima ed indiscussa qualità.

L’uva va colta e pigiata; il mosto va lasciato decantare, va travasato, va filtrato, va talvolta corretto, e talvolta tagliato prima di diventare vino. A volte il processo porta ad ottenere un ottimo vino, a volte, ahimè, lo si deve aiutare per essere accettabile al palato.

Ciò vale anche per la calce. Pur disponendo di purissimi calcari, come la Pietra d’Istria, che sfiorano quasi il 100% del contenuto in carbonato di calcio, non è garantito che la calce da essi ottenuta sia altrettanto pura.

Dalla più perfetta uva non sempre s’ottiene il migliore dei vini. Pertanto, pur essendo interessante conoscere come i calcari sono stati cotti, a che temperatura sono stati calcinati, quale combustibile è stato adoperato, come la calce viva è stata spenta, quale sia stato il periodo di macerazione, ciò che soprattutto più ci interessa sapere è: dopo tanto lavoro e travaglio, quanta calce mi vien realmente consegnata, in quella pasta bianca, al momento dell’acquisto?

Se facciamo fare un’analisi di laboratorio lo sappiamo subito: e con gran sorpresa scopriremo anche che talvolta siamo molto lontani dal mitico 100% promesso.

La quantità di idrato di calcio contenuta nell’intera materia consegnata dicesi *titolo*. E tale titolo di idrato di calcio, ovvero di calce spenta, secondo le normative vigenti non deve mai essere inferiore al 95%. Pertanto, dai vostri fornitori è sufficiente che vi facciate documentare su quale sia il titolo di idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ del grassello che vi viene consegnato, e quale siano i residui di carbonato di calcio rimasto crudo (CaCO_3), o l’ossido di calcio (CaO) non spento, in esso contenuti. I due valori spiegano rispettivamente la purezza ed il più o meno lungo tempo di macerazione.

Il titolo dovrà essere obbligatoriamente maggiore di 95, ed il residuo di ossido di calcio e di carbonato crudo, dovrà tendere allo zero. Se così sarà, aldilà di ogni bel discorso, avrete acquistato un ottimo legante; e se al contrario così non fosse, non fatevi abbagliare dai bassi costi.

Non acquistate nulla che non sia alla vostra altezza. Meglio continuare nella ricerca di un materiale migliore e spendere due soldi in più, piuttosto che rischiare i risultati del nostro lavoro per l'insufficienza altrui.



Il lungo periodo di spegnimento delle calci, che per gli decoratori più sensibili e più sofisticati può durare anche due anni, è un valore che consente di ottenere:

a) che i calcinaroli, che ritardano ad idratarsi completamente, abbiano il tempo di estinguersi col fiorire perfettamente;

b) che i colori, tanto sofferenti all'azione delle calci appena spente, non vengano tormentati virando in tono, sapendo che un tempo prolungato di stagionatura fa perdere alla calce ogni primitiva qualità caustica e corrosiva. Al momento di servirsene, alla calce ed al colore, si dovrà unire la sola acqua, sempre che si osservi che questa sia purissima. Eventuali sali od altre impurezze, oltreché guastare col tempo la compattezza delle tinte ne causano l'ingrato macchiarsi delle superfici.

È bene avvertire che è errata l'opinione di coloro i quali credono che la calce macerata per lungo tempo faccia miglior presa negli intonaci e sia più resistente al contatto: nessuna calce aerea, spenta ed ammassata in pasta, migliora di qualità col tempo; i mastri muratori d'un tempo ci hanno insegnato che le calci fresche andavano subito usate per murare, anche quando sarebbe stato loro permesso di conservarle per l'invecchiamento.

Al buon artigiano basti ricordare che le calci fresche sono per il muro, e le calci vecchie sono per i colori.

Acqua sul muro,
aggrappo sicuro.

Calce forte per murature,
calce grassa per finire.

Si esclude inoltre che preventive passate di latte di calce, stese sull'intonaco di fresco apposto, possa in qualche modo contribuire a migliorare la presa delle successive tinteggiature a calce: l'unico effetto efficace che s'ottiene passando con acqua di calce sulle superfici prima di tingerle è quello di allontanare col pennello il velo di calce che copre la superficie lasciando scoperta la matrice grossolana della malta. Il che sarebbe sempre ben fatto, essendo che le tinte a calce durano di più su intonaci piuttosto ruvidi che lisci.

Per maggior facilità e sollecitudine d'applicazione delle successive tinte, si potrebbe invece improntare una soluzione di allume (15-20% di allume in acqua) e con questa bagnare abbondantemente la superficie da tinteggiare. La soluzione più è satura e meglio rende allo scopo.

Non sempre le pareti da tinteggiare sono coperte da intonaci nuovi ed omogenei. Non di rado ci si trova di fronte a superfici miste, rappezzate e ricomposte. In tal caso per forzare un egual assorbimento su tutta la parete, insieme con la calce in pasta si stemperino 360 gr. circa d'olio di oliva, per ogni secchio di calce grassa, ovvero 30 chili di buon grassello stagionato, avendo cura di rimestarlo finché si è certi che l'olio non venga a galla al momento in cui all'impasto si aggiunga acqua, per diluir la tinta, secondo il bisogno. La precisa quantità d'olio da adoperare non può essere indicata se non da una prova fatta sulla parete da tinteggiare. La misura dell'olio dipende essenzialmente dal grado di assorbimento che la parete stessa può avere in quanto più o meno vecchia o esposta all'aria e al sole. Inoltre l'assorbimento varia al variare della quantità di sabbia contenuta nella malta con cui si sono composti gli intonaci: ognuno comprende che più sabbia contiene l'intonaco, e maggior ne è l'assorbimento; meno ne contiene, e minore sarà questo.

La pratica insegna che bisogna andar cauti per la quantità d'olio da rimestar nella calce. Se da un lato l'olio riduce l'assorbenza dei fondi e rende più sollecito ed economico il lavoro, dall'altro, se aggiunto in eccesso, ha però l'inconveniente di togliere alla calce anche la minima aderenza e di rendere il lavoro di assai minor durata.

Per ottenere che le tinte a calce, che contengono olio, possano avere le migliori qualità e non risentire degli inconvenienti che le errate mestiche possono produrre, si potrebbe:

a) Mescolare il preparato per l'ultimo strato, che sarebbe opportuno non contenesse olio, 400 grammi di polvere di carbonato di calcio impalpabile per ogni chilogrammo di calce in grassello, e quel tanto di colla forte che serve a fissare la tinta.

Alla colla forte si può sostituire la colla vegetale ed un goccio di olio di lino cotto, e non d'oliva, specialmente laddove le temperature tendono ad abbassarsi.

b) Impastare con la calce mediamente forte un po' di trementina di Venezia in sostituzione dell'olio: essendo la trementina di Venezia alquanto vischiosa, si abbia l'accortezza di stemperarla con acqua calda prima di unirla alla calce.

c) Mescolare nella tinta, per i lavori fini, massimamente per quelli che dovranno difendersi dalle intemperie all'esterno, la tempera d'uovo in quantità maggiore o minore secondo il quantitativo della calce nel colore. La tempera d'uovo, ottenuta con il rosso e l'albume assieme, si deve preparare usando dell'ottimo aceto, aggiunto alla tempera nella misura di 100 gr. per ogni uovo, rimestando prontamente per non dar tempo all'aceto di cuocere l'albume ed indurirlo.

d) Si stemperi nella calce dell'olio di lino cotto nella misura del 10%, e si diluisca l'impasto con del latte grasso, sino a raggiungere il grado di consistenza desiderato.

Si deve aver cura che il latte (o il formaggio tenero stemperato nel latte) sia abbondante e non troppo allungato con l'acqua, il che potrebbe snervare le tinte e renderle di scarsa ritentiva; nel caso si volesse allungare la tinta lo si faccia sempre col latte e non con l'acqua, che così s'ottiene lo scopo voluto.

Prepara le malte quando l'aria è fresca.
Tinteggia quando si fa più tiepido.

Nella composizione delle tinte, qualora sia stabilito la qualità delle mestiche, bisogna aver cura di stemperar bene tutte le materie scelte, passarle con un colino metallico o con una calza di nylon a trama fine, e quindi mescolarle accuratamente al fine d'ottenere una soddisfacente uguaglianza della tinta.

I colori è assai utile averli da tempo guazzati, ovvero averli già stemperati in pasta. I colori in polvere, aggiunti all'impasto al momento di servirsene, compromettono talvolta i buoni risultati e la resistenza estetica.

È inoltre buona cosa che i contenitori delle tinte rimangano coperti durante gli intervalli di lavoro, specie se lunghi: se le tinte sono molto colorate e di poca quantità, hanno per nemici, oltre la luce, l'aria e la polvere.

L'operaio addetto al tinteggio avrà cura di mantener la tinta sempre mescolata in modo da consumarla in modo omogeneo, e per nessuna ragione dovrà permettere che il pennello tocchi il fondo. Diversamente facendo, si corre il rischio di imprimer sulla parete, massimamente se si tratta dell'ultima mano, striature di colore addensato che compromettono l'intonazione e l'eguaglianza dei tinteggi sulle facciate.

Per le tinte a calce il pennello dev'essere alquanto morbido: e se questo fosse di setole lunghe, lo si accorci mediante un legaccio di spago non eccessivamente stretto, in modo che la tinta scorra in tutto il suo corpo.

Chi conduce il lavoro, lo faccia con mano sempre uguale e leggera, sostenendo il pennello col braccio e guidandolo col polso, evitando di poggiare il peso del corpo al muro che sta tinteggiando. Sia il pennello sempre guazzoso e ben nutrito di tinta, badando di non stendersi troppo con una sola pennellata. L'esperienza insegna, che più abbondante e più guazzosa sarà la tinta, e più questa, asciugando, riuscirà compatta e fresca. Vi sono dipintori, che molto saggiamente diluiscono le tinte con acqua (o con latte secondo i casi), ogni qual volta si accingono a passare con una nuova mano.

Più guazzose son le tinte sovrapposte e più penetrante sarà l'effetto di assorbenza negl'intonaci.

Anzi, si può esser certi che chi prepara e finisce il lavoro nel modo con cui s'è detto, questo riuscirà bello, facile e spedito.

Un consiglio di Bottega

Nelle stagioni umide o anche fredde, per evitare che le tinte si congelino e macchino con qualche danno, si consiglia di mescolare alla tinta una mestica seccativa così composta:

- 100 parti di calce;
- 30 parti di biaccone;
- 10 parti di colla forte di pesce o carniccio;
- 2 parti di olio di lino cotto e chiarificato.

Questa ricetta, oltre che permettere alla tinta di ben asciugarsi a qualunque clima, facilita la riuscita del lavoro col risparmiare spesso una mano su tre, quasi sempre necessarie nelle tinte a sola calce.

Non si principi alcun lavoro di tinteggiatura se la temperatura dell'aria, tra il giorno e la notte, desse indizio di scendere sotto i $+6^{\circ}\text{C}$, e se il clima s'avvicinasse a tale temperatura, sarebbe buona cosa il diluire le tinte con acqua tiepida, e subito applicarle: l'effetto sarà sempre più sicuro.

Per ragioni di economia e praticità, invece degli ingredienti appena citati, avendo in animo di preparare una tinta resistente alle applicazioni a bassa temperatura, si può mescolare alla tinta del finissimo ed impalpabile carbonato di calcio nella misura massima del 30-40%.

Indagini istituite su strati superficiali d'intonaco e croste di coloritura antiche di secoli, raccolte in diverse regioni, hanno sempre rivelato la presenza di aggregati finissimi composti di carbonato di calcio crudo ottenuto dalla frantumazione di graniglie di marmo ridotte in polvere; da ciò probabilmente la loro resistenza all'azione atmosferica.

Il carbonato di calcio che si trova in commercio, sottoforma di polvere impalpabile, misto al latte di calce, con o senza colori, è di valido aiuto per la resistenza alle basse temperature, alla corrosione dei colori, agli effetti dell'umidità delle facciate e del clima.

Al latte di calce misto alla polvere di marmo impalpabile è opportuno aggiungere un po' di colla, quando deve servire per tinteggiature fatte in stagione fredda e umida, e ciò allo scopo di non sfarinare al tocco o di impastarsi alla successiva mano.

Al buon artigiano non serve precisare il numero degli strati di tinta a calce, perché in ciò concorre molto la sua abilità ed esperienza: egli dovrà abilmente usare braccia e polso per manovrare il pennello, curando che il suo corpo non segua il movimento del polso; egli condurrà l'attrezzo naturalmente da sinistra a destra o dall'alto al basso sino a portare il lavoro a buona fine.

La densità del corpo della tinta ha influenza sul grado di copertura del colore: e quando questo grado è ben compreso dall'operaio, egli potrà ridurre l'opera a due soli strati, a tutto vantaggio per il tinteggi il quale se posto in strati sottili terrà lontane le ragioni dello scrostamento.

Non in tutte le regioni del nostro Paese la tecnica del dipingere con tinte a calce procede da egual tradizione. Vi sono luoghi ove i tinteggi sono applicati e rinnovati con il ricercato intento di difendere le mura dall'aggressione degli agenti atmosferici e non già con il mero scopo di elevare le facciate dei nostri palazzi a miglior decoro.

Nella tradizione pugliese, per esempio, vi è l'antica usanza di scialbare le strutture di pietra leccese con materie e tecniche in modo che il naturale colore dei conci non venga alterato dalle velature trasparenti ad essi sovrapposti, pur operando in modo che le pietre trovino in questi tinteggi protezione e solidità.

La pietra leccese è una porosissima arenaria di origine marina che ha dalla sua il gran pregio d'esser lavorata di sega, scalpello e pialla proprio come si lavora il più docile dei legni. È interessante scoprire come i leccesi abbiano per secoli affinata una tecnica che li vede maestri nel preparare mestiche di calce da scialbare sulle loro pietre per difenderle dall'oltraggio del tempo.

Altri trattano la pietra di Trani ed i tufi napoletani avendo in animo di raggiungere lo stesso scopo, e tutti i vecchi mastri che io ho conosciuto, nascondono gelosamente le proprie ricette, che tramandano con qualche indugio ai soli figli che facciano il loro stesso mestiere.

Molti sono i mastri dipintori che ho incontrato e molte sono le segrete ricette che mi sono state svelate: tutte, però, avevano per fine il rassodare le facciate composte di conci di leggere arenarie, ed impedire alle intemperie di eroderne le superfici.

Dirò di come vidi lavorar un vecchio artigiano leccese: e non lo faccio per svelare un segreto o per insegnar una possibile tecnica, poichè come ho già detto vi sono più maniere di lavorar che artigiani, ma per avviare il lettore a miglior comprensione sui modi di trattar le calci, gli oli, le colle ed i colori allorché il fondo su cui siamo chiamati a tinteggiare sia oltremodo assorbente.

I conci delle pareti, che costituiscono le facciate esterne degli edifici in territorio pugliese, è usanza che vengano levigati in modo che non si possa distinguere la cesura fra una pietra e l'altra se non fosse per il sottilissimo filo di calce che rivela la matrice bianca che a mala-pena si intravede sul color biondo dorato della pietra leccese.

Dell'ottima calce grassa, che è stata lasciata a macerare nelle fosse per lungo tempo, viene stemperata in un mastelletto con un bricco di comune olio d'oliva, ovvero un terzo di litro ogni 30 chili di grassello. L'impasto vien mescolato e rimestato, a lungo e con cura, finché ogni traccia dell'olio sia scomparsa.

Alla calce, che dopo l'energico trattamento risulta ben cremosa e untuosa, e di leggero color dorato, s'aggiunge una quantità di latte grasso bollito in una misura pari al peso dell'impasto di calce appena preparato.

A proposito: prima di continuare con la spiegazione, onde evitare di crear confusione coi termini che andrò qui di seguito ad usare, è d'uopo spiegare la differenza fra due materie molto ben conosciute dai vecchi mastri dipintori di Botteghe.

Dicesi *latte di calce* la diluizione del grassello, in una quantità d'acqua, sinché questi non assuma la consistenza e la fluidità del latte. Per contro, dicesi *calce di latte* la diluizione della calce effettuata con del vero e proprio latte grasso di vacca bollito, al fine di conferire, al composto che s'ottiene, particolari qualità collanti e ritentive.

Seguitando con la spiegazione dei lavori di scialbatura che si vedono in Lecce, farò riferimento alla *calce di latte mescolata col latte* (scusate il bisticcio), e non già del più comune latte di calce attenuto dal grassello diluito in abbondante e limpida acqua di fonte, e che del latte ne ha solo il nome ed il colore.

Per la sola stesura della prima mano, alla calce di latte mista all'olio, che s'appronta per tinggiare le superfici in pietra leccese, vien aggiunta una modesta quantità di tufina, ovvero la finissima polvere di segatura che s'ottiene dal taglio dei blocchi delle medesime pietre con le seghe. L'apporto di tufina, nell'impasto, s'aggira attorno ai 5-6 chili per mastelletto, il che equivale al 30% circa del peso della calce: ed essa viene rimestata al grassello al momento in cui a questo vien aggiunto l'olio.

La presenza nell'impasto della tufina, che è fine come polvere di strada, ha per iscopo quello di turare le porosità superficiali delle pietre con una materia che dalle stesse pietre deriva.

Allorché la prima mano, stesa con abbondanza di materia, si è asciugata, vi si passano ulteriori due mani di calce di latte ed olio, senza aggiunta di tufina. Il risultato che s'ottiene è di gran pulizia e levigatezza, poiché con la prima mano si è ridotto fortemente il potere di assorbenza dell'arenaria, e con le seconde due si è potuto 'verniciare' la superficie senza che la calce di latte e l'olio fossero totalmente 'bevuti' dalle porosità del fondo.

Un modo ancor più efficace, per tinteggiare la pietra leccese, prevede l'uso di diversi altri ingredienti e ciò per esaltar vieppiù la riduzione d'assorbimento delle arenarie e conferir ad esse spiccati caratteri di difesa dalle intemperie.

Ho veduto trattar piccole campiture, stupendamente istoriate, in maniera tanto bella quanto antica.

Sulla pietra cruda, ma levigata, vien strofinato il succo di una mezza cipolla selvatica, che cresce spontanea in quei luoghi e che i locali raccolgono sin dalla più precoce primavera. Questa sativa, che nel vernacolo leccese vien detta 'cipuddhazzu', vien tagliata in due parti lungo l'equatore, e vien lungamente strofinata e spremuta in superficie ed all'interno delle porosità della pietra.

Il cippuddazzu leccese si può assimilare all'aglio, il quale ha le stesse funzioni collanti come si ha dal fiele di bue. Energiche strofinature su supporti di qualsiasi natura (anche petrigna) consentono buona aderenza (ritentiva) agli scialbi ad essi sovrapposti.

Sopra il succo di cipuddhazzu, che si rivela al tatto essere estremamente colloso, vengono stese due mani di calce di latte ed olio d'oliva senza aggiunta di tufina.

Sul fondo così trattato, che una volta asciugato già repelle l'acqua, viene stesa una velatura di calce di latte (senz'olio d'oliva) nella quale è stata stemperata una certa dose di colla di pesce precedentemente sciolta a bagnomaria e diluita col latte bollito.

Nell'aggiuger la colla alla calce di latte non si ecceda il 10% del peso del grassello che si usa per preparar la tinta: la troppa colla nelle velature di finitura è causa talvolta di impercettibili screpolature superficiali, che all'occhio esperto svistano e sono sempre fonte di fastidiose critiche.

Per rendere più sollecito e più sicuro il lavoro finale, alla colla di pesce viene aggiunta una piccola dose di olio di lino cotto, il quale, oltre a rendere la tinta ben solida al tatto, conferisce al lavoro finito, brillantezza e trasparenza. Una siffatta tinta resiste a lungo nel tempo e col tempo brunisce e s'indora assumendo sfumature ed ombre molto belle: anzi, bellissime.

4. - *Le tinte ai silicati*

Alla fine dell'Ottocento, i molti e continui danni causati ai tinteggi, dall'ammorbamento dell'aria con polveri di carbone, indussero gli industriali tedeschi a ricercare un preparato che fosse più resistente dei tinteggi al latte di calce e che di quest'ultimi ne avesse l'aspetto e la versatilità. Fu allora introdotto l'uso di mescolare le terre colorate con il Silicato di Potassio, che a quei tempi veniva venduto puro e sfuso ai decoratori i quali lo fecero entrare prepotentemente nelle loro botteghe in sostituzione della calce per molti lavori di coloritura: persino nell'affresco.

La gran facilità dell'uso di questa materia diede coraggio a molti pittori e decoratori dell'epoca, i quali non avendo sino a quel giorno mai azzardato di cimentarsi nell'Arte del Buon Fresco, trovarono nei silicati il modo di riscattare la loro più modesta maestria.

Finti affreschi 'a secco' furono dipinti in Ville, Palazzi e Cappelle. Ornati figurativi e floreali, in 'stereocromia' (così si dice della tecnica di dipingere coi silicati) hanno ravvivato le sale e le facciate delle case di molti signori.

Vi è di fatto una sostanziale differenza fra il dipingere ad affresco e dipingere in stereocromia.

Quando si dipinge ad affresco, il fondo di calce dev'essere posto di fresco e dev'essere sempre umido finché l'opera di coloritura procede (vedi Affresco); in stereocromia, al contrario, il fondo da dipingere, dev'essere assolutamente sempre asciutto.

Vi è di più: l'affresco può esser condotto esclusivamente su buona calce grassa di fossa perfettamente disgallata e macerata. In stereocromia, invece, ogni fondo, purché minerale, può fungere da tavolozza per il nostro estro pittorico: persino il cemento può esser dipinto coi silicati.

Anzi, proprio le tinte ai silicati, per la loro facilità di dipingere il cemento furono complici dello sfrenato e deprecato uso del cemento negli anni Venti del Novecento.

La possibilità di accorciare i tempi di lavoro mediante l'applicazione di malte cementizie, e la non meno veloce possibilità di produrre risultati pittorici, che devono aver impressionato ed inorgoglitto non poco i nostri nonni, hanno indotto molti artieri pittori di quegli anni ad abbandonare l'antica cultura della calce per rifugiarsi nel più comodo ed economico cemento.

Fondendo della sabbia quarzifera, in mistione con quantità ponderate di Carbonato di Potassio, a temperature superiori ai 1300 °C, si ottiene il Silicato di Potassio, che è il legante di base per tutte le pitture che vanno sotto il generico nome di *Silicati*.

All'operatore, il Silicato di Potassio, non pigmentato, si presenta come un miele vischioso, incolore, trasparente come l'acqua e limpido come il vetro. Infatti molti lo chiamano 'acqua di vetro'.

La tinteggiatura a base di silicato è molto indicata per le facciate esterne, poiché, anche bagnandosi, non si macchia né si scrosta facilmente come potrebbero fare altre tinteggiature a colla. Anzi la tinta a base di silicato, a differenza di qualunque altra tinta a tempera, è lavabile.



La tecnica di tinteggio ai silicati, come ho già detto, ha bisogno più di ogni altra tecnica di avere la superficie, su cui si dipinge, totalmente asciutta. È necessario quindi, prima di principiare il lavoro, d'esaminare scrupolosamente l'intonaco in tutto il suo spessore. I tinteggi ai silicati, su supporti che nascondono umidità latente, saranno sicuramente alterati da macchie efflorescenti di vario colore ed estensione. Pertanto, le superfici costituite da malte cementizie bastarde, dovranno essere lasciate per lungo tempo a ben asciugare prima di tingerle coi silicati. Purtroppo, se da un lato questi materiali trovano facile riuscita nelle tinteggiature delle superfici in cemento, dall'altro essi trovano qualche difficoltà d'impiego proprio sullo stesso cemento quando questi tarda, più d'ogni altro legante, ad asciugarsi. Comunque, anche se ben applicate, si può riscontrare che le tinte a olio o a smalto non resistono sul cemento come quelle al silicato, specie se la superficie è nuova o vergine di tinteggiature.

Contrariamente alle tempere, alle pitture a colla o a olio, i silicati non formano pellicola sulla superficie dei manufatti tinteggiati: essi si comportano piuttosto come i guazzi di calce dipinti sui tonachini freschi.

Così come nella pittura a ‘fresco’ la tinta va fatta bere alla calce per poi solidificare con essa, così nei silicati, l’intonaco avido d’acqua, perché asciutto, assorbe la tinta la quale consolida nei manufatti per reazione chimica detta *silicizzazione*.

I silicati pigmentano le superfici minerali in due distinte fasi: nella prima fase il silicato si consolida grazie all’evaporazione dell’acqua che lo diluisce; nella seconda fase esso cristallizza per reazione chimica, che avviene in presenza dell’anidride carbonica dell’aria. Il supporto minerale costituito dell’intonaco è causa anche di un fenomeno di alcalinizzazione, tipica dei leganti idraulici.

Entrambe le reazioni sviluppano un complesso polisilicico che ha azione fissativa nella pittura e consolidante nel supporto. Ecco la ragione per cui si può dire che le tinte ai silicati cambino colore ai manufatti piuttosto che coprirli di tinta: ciò a significare che l’assoluta mancanza di pellicola pittorica sugli intonaci è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche di traspirabilità delle superfici.

È pur anche vero che se un intonaco è formato con abbondante cemento, ed è pertanto ben lungi dall’esser traspirante, non basterà tutto il silicato di questo mondo per renderlo tale.

Se agli inizi del secolo scorso i traspiranti intonaci di calce venivano ‘idraulicizzati’ aggiungendo al grassello esigue parti di cemento, oggi, per contro, s’aggiungono esigue parti di grassello agli intonaci di cemento per rendere il lavoro più facile, più sollecito e più remunerativo a scapito della traspirabilità dei muri.

Orbene, che senso ha dipingere una parete con un materiale che si vuol assolutamente traspirante quando il supporto da dipingere non lo è affatto?

Quando si dipinge ai silicati si deve tenere ben a mente questo banale insegnamento: l’indice di traspirabilità del muro rimarrà assolutamente invariato a dispetto della spesa per i silicati.

Ciò ci deve indurre ad operare a priori quelle scelte che prepareranno, più tardi, ai silicati, tutti i vantaggi possibili. Se si vuol dar senso all’uso dei silicati, invece di usar cemento negli intonaci si usino le più nobili calci naturali forti.

Le calci dolci, idraulicizzate con pozzolane, specialmente se calcinate a bassa temperatura, hanno tutte le caratteristiche per esaltare le virtù dei silicati: esse sono fortemente traspiranti e idraulicamente reattive.

La stagione più propizia per tingere ai silicati, all'esterno, è l'autunno; ed in genere si sceglieranno giornate coperte, umide e non ventilate. Generalmente le alte temperature sono più dannose che le giornate fredde. Ciononostante non si dovrebbe lavorare con questo materiale se la temperatura scende sotto i $+5^{\circ}\text{C}$. L'aria in forte movimento ed il sole danneggiano di più perché ne affrettano l'asciugamento, alterando ed impedendo una buona penetrazione nelle superfici degli intonaci della tinta la quale può virare nel tono quando questa si prosciuga.

I fondi che mostrano assorbimenti diversi, perché restaurati o con rappezzi misti, andrebbero normalizzati nella loro porosità mediante un fissativo specifico che renda omogeneo l'assorbimento d'acqua. Questi impregnanti si possono ottenere diluendo, in varie proporzioni, il silicato nell'acqua. Dal 15 al 20% (al massimo), di silicato nell'acqua, concorrono a formare un buon fissativo che andrebbe steso a pennello sui fondi da tingere. Nei casi in cui la soluzione sembrasse debole per lo scopo voluto, si ripeta l'azione di stesura della soluzione invece di farne una più potente.



Vanno avvertiti coloro i quali s'accingessero a prepararsi da soli le tinte, che il silicato, misto ai colori, li aumenta di tono in rapporto alla quantità commista.

Sappiano questi allora, nei casi fosse loro richiesta una gran quantità di tinta, di compensare il suo effetto col tenere le tinte da mescolare al silicato un tono più basso e comunque provarle anticipatamente prima di iniziare la preparazione dell'intera partita.

Nei casi in cui si vien chiamati a tinteggiare intonaci già esistenti, si inizi con una globale accurata pulizia, per allontanare la polvere ed il mal fermo dagli intonaci originari precedentemente raschiati e bruscati; si passi quindi una generale ed abbondante spruzzatura o pennellatura della soluzione d'acqua e silicato, come descritto precedentemente; dopo di che, oltre alla mano di fondo, che vien sempre consigliata, di norma il tinteggio ai silicati si porta a termine con due mani di tinta sovrapposte.

Nei casi invece gli intonaci fossero stati totalmente rinnovati, sarà sufficiente una blanda pennellatura di una soluzione stabilizzatrice d'assorbimento, composta di 10 - 12 parti di silicato puro su 100 parti d'acqua.

S'attenda che la superficie sia perfettamente asciutta, il che avviene usualmente dopo 12 ore, e si proceda quindi con la stesura della prima mano di tinta. La seconda mano va stesa a 24 ore dalla prima, quando il fondo è sicuramente asciutto. Quest'ultima mano di tinta dovrà assicurare la perfezione del lavoro. L'artigiano che si vedesse costretto alla stesura di un'ulteriore mano dovrebbe preferire di ricominciare dall'inizio, poiché una terza mano di silicati potrebbe ridurre la superficie opaca e pulverulenta.

La preparazione della tinta. Benché tutti gli ossidi si comportino molto bene con il silicato, i colori da usarsi per la preparazione dei tinteggi in stereocromia potrebbero essere i medesimi usati nella calce per la pittura 'a fresco'. Ad esempio, per i lavori di fino, si potrebbero usare le seguenti terre naturali:

Bianco di Zinco
Verde di Verona
Terra d'Ombra
Terra d'Ombra Bruciata
Giallo di Napoli
Rosso di Sinope
Rosso Venezia
Giallo di Siena
Giallo di Siena Bruciato
Terra di Colonia
Nero di Venezia

Prima di preparare le mestiche colorate ci si accerti che le terre siano compatibili coi silicati. Si sciolga un po' di terra colorata in una piccola quantità di silicato: se i due componenti si dividono è indizio che il colore non è idoneo e perciò va allontanato; se invece i due componenti ben si uniscono durante la mescolazione è segno che il colore può esser scelto per le nostre composizioni.

In luogo del Bianco di Zinco, che è poco coprente e lento ad essiccare, si potrà usare, con buon risultato, il Bianco Meudon, il Bianco di Spagna o il Bianco Champagne.

Tutti questi bianchi servono allo scopo purché questa base non sia ottenuta dalla calce grassa spenta. Piuttosto si usi del buon Carbonato di Calcio crudo in finissima polvere.

Per addensar la tinta e renderla più compatta, vi si unisca una colla vegetale. Qualsiasi va bene purché sia bianca: l'amido e la fecola, per esempio, servono perfettamente allo scopo.

Per fare una campionatura si prepari allora:

Fecola o Amido	15 grammi;
Carbonato di Calcio impalpabile	35 grammi;
Silicato puro	250 grammi;
Acqua distillata	650 grammi;
Colori secondo la tinta	---

Si stemperino, nell'impasto di amido, carbonato ed acqua distillata, i colori in polvere secondo la tinta che si vuol ottenere; allorché il tutto è ben amalgamato e colorato in modo omogeneo, s'aggiunga il silicato e si rimesti energicamente sino ad ottenere un tutt'uno col colore.

La tinta così ottenuta sarà ottimamente assorbita da ogni intonaco che sia poroso nell'insieme e granuloso in superficie: ed essa dimostrerà una discreta coprenza ed omogeneità di tono.

S'abbia l'accortezza di continuare ad agitare la tinta, anche durante il procedere del lavoro, per non aver che il tono cambi di volta in volta.

I pennelli da usarsi per i tinteggi ai silicati, durante il lavoro, dovranno essere spesso lavati con acqua distillata. E sarà molto conveniente che questi siano asciutti quando si riprende il lavoro il dì dopo. S'abbia cura inoltre di non intingere o pulire i pennelli, da usarsi pel silicato, in acqua calcinata o acqua che contenga anche sparute tracce di sali, né s'intinga nel silicato con pennelli sporchi d'altre pitture.

Se la superficie da tinteggiare fosse stata lavorata 'a ferro' e si presentasse troppo liscia e compatta, si intervenga, prima d'iniziare a stendere il silicato, con una soluzione di acido cloridrico, (nel rapporto di 1 di acido e 10 d'acqua, da pennellare a 2 o 3 mani), con lo scopo di migliorare il potere d'assorbimento dell'intonaco. Indi, per neutralizzare l'azione dell'acido cloridrico, s'impregni seguentemente la superficie con una soluzione di Allume (Solfato d'Alluminio) nella misura di 15-20 parti d'Allume in 100 parti d'acqua. Dopo 48 ore si potranno stendere i silicati.



La preparazione delle tinte ai silicati è cosa interessante ma ardua: se non si possiedono gran pratica ed esperienza ci si può esporre ad errori troppo costosi.

Recentemente alcune ditte specializzate hanno riproposto le pitture ai Silicati di Potassio aggiungendo ad essi ogni sorta di modificanti, catalizzatori e stabilizzatori che danno all'artigiano ogni garanzia di lavorabilità dei materiali e stabilità dei risultati. Nondimeno, le precauzioni, di cui s'è detto, vanno sempre osservate.

I nostri fornitori potranno senz'altro aiutarci preparando per noi ciò che ci abbisogna, fermo restando che non potranno mai farsi garanti dell'arte d'ognuno.

5. - *Le velature*

Non vi è miglior dimostrazione di ciò che s'intende per Arte del colorire se non la pratica della velatura. Pochi artieri ricordano ancora questa straordinaria tecnica; e quando è dato vederne uno all'opera si è certi che i risultati saranno sorprendenti.

Per velature s'intendono quegli strati sottilissimi di colore applicati a guisa di velo sopra una superficie colorata allo scopo di modificarne il tono. Nell'antichità, per quanto raramente, l'uso delle velature era già conosciuto e adottato dagli Egiziani, dove dell'azzurro è stato sovrapposto in sottilissimo velo sul giallo. Così pure, sempre presso gli antichi egizi, i colori a tempera furono velati con dei colori a cera. Plinio parla di velature date con colori temperati con l'uovo. Inoltre sappiamo che sovente, presso gli antichi, si passava un giallo vegetale brillantissimo sopra l'ocra gialla e che spesso si preparavano in giallo quelle superfici che dovevano essere pitturate in rosso.



Il colore della città medievale

Anche presso i Romani si usavano applicare a velatura certi azzurri, verdi, lacche e neri sopra preparazioni di terra di Siena bruciata. A certi viola e gialli davano delle preparazioni azzurre ed a certi rossi delle basi gialle, ecc. E tutto questo perché si sapeva di ottenere così, per sovrapposti colori a velatura, più potenza e forza di colorito.

Questo principio tecnico lo vediamo ripetuto e sviluppato anche nella Prima e nell'Aurea Rinascenza dove cieli, alberi e certe stoffe furono preparate a base di bruno (terra di Siena bruciata) più o meno combinato con del bianco e del nero e poi velato o con azzurri o con verdi o lacca di robbia, ecc.

L'arte del velare i colori fu sempre tenuta in considerazione nelle varie epoche e presso i più noti maestri del pennello. Anche Leonardo da Vinci nel suo manuale si indugia a descrivere gli effetti prodotti dai colori trasparenti sopra altri colori, traendone esempi efficaci e pratici dalla natura stessa. In un punto tra l'altro, egli così si esprime e precisa: « E se tu avessi finito un'opera con esso verde semplice e poi la velassi sottilmente con esso aloe sciolto in acqua, allora essa opera si farebbe di bellissimo colore ».

Con le velature si possono ottenere, come abbiamo già detto, delle tinte speciali e potenti e che invano si potrebbero ottenere per via di miscela. Per dare una dimostrazione della differenza che passa tra una tinta ottenuta impastando insieme due colori e la medesima tinta ottenuta per mezzo di velatura, basta il seguente esperimento.

Prendiamo una superficie sulla quale immaginiamo distesa della biacca perfettamente secca. Mettiamo sopra di essa della terra di Siena naturale, in sottile strato, diluita con medium, otterremo una tinta giallastra pura, luminosa e intensa di colore. Ora, vicino a questa tinta mettiamo la medesima terra di Siena naturale mescolata però con della biacca.

Confrontando le due tinte si vedrà chiaramente come la prima tinta ottenuta per velatura risulti di una indiscussa superiorità di brillantezza e trasparenza di quella seconda ottenuta per via di mescolanza e che risulterà più opaca e più fredda di tono. Molto utile è lo sperimentare, allo stesso modo, il risultato di altri colori come la terra di Siena bruciata, la garanza rosa, il cobalto, il blu di Prussia, il bruno Van Dyck, il nero avorio, ecc., acquistando così una sicura conoscenza elementare della pittura trasparente a velature e quella ad impasto semiopaca.

Si può far uso di velature oltre che nella pittura ad olio e all'acquerello anche nell'affresco, nella pittura al silicato, nella pittura a tempera e con la calce. Infatti, anche nella pittura a tempera si possono applicare le velature. È necessario però che la parte da velare sia perfettamente asciutta. Si può velare o vaporizzando con lo spruzzatore i colori diluiti oppure punteggiando la parte a piccoli tocchi di pennello o tratteggiando.

Nel giuoco delle trasparenze dei colori è da tener ben presente che *un colore chiaro applicato sopra ad uno scuro, si smarrisce; e viceversa, lo scuro sul chiaro guadagna.*

Un esempio pratico lo abbiamo prendendo un colore, il giallo, dato anche a pasta: applicato sopra del bianco, acquista in potenza luminosa assai superiore al medesimo giallo unito a del bianco. Un verde applicato sopra un giallo acquista in brillantezza luminosa inconfondibile che non si potrebbe raggiungere in modo diverso.

Nel tinteggiare una facciata, si deve considerare che l'effetto dei colori applicati in velature è tale che non è possibile di produrne uno simile con le paste colorate nella massa. Una velatura non è perfettamente eseguita se non quando produce sulle superfici l'effetto d'una vernice colorata. Per giungere a questi risultati, bisogna che la tinta, con cui si diluiscono i colori, sia accuratamente preparata e che si stenda facilmente col pennello senza lasciare colature, striature o bave.

Le velature sulle facciate da dipingere vanno sempre eseguite su tonachino composti con un ben preciso e determinato colore.

Il risultato cromatico che si vuol raggiungere è, in trasparenza, la somma colorica fra il colore di fondo del tonachino e la tinta del guazzo con cui si applica la velatura.

Ad esempio, invece di dipingere una facciata con una mestica color aranciato, si può, con risultati assolutamente superbi, stendere sull'intonaco una prima mano d'ariccio, pigmentato nella pasta, color terra di Siena o color oro antico.

Quando l'ariccio di fondo è ben fermo e sufficientemente asciutto, vi si passi una velatura con un guazzo rosso composto di:

- 10 parti di acqua;
- 1 parte di colla forte di carniccio;
- 1 parte di olio di lino cotto;
- 0.4 parti di rosso Venezia stemperato.

Si diluisca il tutto sino ad ottenere una tinta ben fluida e la si stenda, con una velatura, a pennello morbido, in una sola mano. Il risultato è sorprendente.

Le velature possono essere poste su tinte dello stesso colore ma di diversa gradazione, avendo per regola di avere sempre lo strato sottostante di tonalità più chiara del guazzo con cui s'effettua la velatura. E quand'anche s'usasse di due diversi colori, per ottenere l'effetto trasparente della velatura, s'abbia l'accortezza di colorare il tonachino sottostante con il più luminoso fra i due colori usati.

Per esempio:

Fondo	Velatura	Risultato cromatico
Giallo	Blu	Verde fresco
Bianco	Blu	Celeste
Giallo	Rosso	Aranciato
Bianco	Rosso	Rosa
Giallo	Nero	Foglia morta
Bianco	Giallo	Canarino
Bianco	Nero	Cenere duro
Aranciato	Blu	Verde caldo
Aranciato	Nero	Nocciola o Avana
Verde	Rosso	Cenere morbido



Intonaco su fondo di cocciopesto e velatura superficiale rosso su giallo

§ 1. - La formulazione delle tinte



ER AVVIARCI ad una miglior comprensione, di come si debbano interpretare le tavole mostrate nella successiva appendice, si è voluto trattare questa sezione del manuale con vari esempi pratici di come gli operatori dovrebbero condurre la procedura di formulazione delle

tinte proposte nell'Abaco delle Tinte Locali.

Supponiamo che l'Ufficio Tecnico della nostra città, dopo lo studio ed il rilevamento del quadro cromatico locale, abbia definito ufficialmente quale debba essere la tavolozza delle tinte storiche alle quali il Piano fa riferimento.

Le tinte scelte si potranno ammirare in campioni su superfici murarie, in luogo accessibile, di proprietà del Comune, e di ogni singola tinta sarà resa disponibile la relativa specifica 'ricetta' per la riproduzione.

Nella Tavola in appendice (TAV. I), vengono proposte 32 formulazioni indicative delle tinte di base, la composizione delle quali prevede l'uso di 7 Terre, più il bianco della calce eventualmente saturato con del biossido di titanio (TiO_2). Ogni specifico Piano del Colore potrà definire la propria tabella usando le Terre con le variazioni cromatiche, che più richiamano alla tradizione locale. Nell'esempio dimostrato in questo manuale, vengono usate le Terre coloranti più comuni e più facilmente reperibili sul mercato:

- | | |
|---|-------------------------------------|
|  | 1. Bianco (Calce + TiO_2) |
|  | 2. Giallo Ocra |
|  | 3. Terra di Siena naturale |
|  | 4. Terra di Siena bruciata |
|  | 5. Rosso Pozzuoli |
|  | 6. Verde Brentonico |
|  | 7. Blu Oltremare |
|  | 8. Nero di vite |

Il colore Bruno (Terra di Siena bruciata) potrebbe essere la preventiva mescolanza, a Bottega, dei tre colori Rosso, Giallo e Nero Terra d'Ombra: la sua presenza nelle formulazioni serve talvolta a facilitare l'opera dell'operatore addetto al riproponimento di alcune tinte. Si noti altresì la presenza del Bleu oltremare (Ftalocianina), che è un colore organico e pertanto dev'essere usato con parsimonia, e soltanto se strettamente richiesto.

La presenza del Titanio, nel Bianco della calce, non deve confondere il formulatore: il biossido di Titanio, come vedremo più avanti, dev'essere inteso come un correttore del bianco della calce, nonché come un mezzo per ottenere particolari effetti di coprenza e brillantezza dei colori. Le gradazioni più chiare o più scure delle tinte scalari, si ottengono invece variando il rapporto fra materia bianca (calce ed eventualmente ponderate dosi di elementi di saturazione) e pigmento.

A tal proposito i compositori di tinte sono a conoscenza di una singolare bizzarria che la calce produce: che la calce sia più bianca del bianco, che più bianca non si può, è un convincimento partorito da un tormento televisivo più che da una realtà oggettiva.

Sembrerà incredibile, ma i più consumati dipintori sanno per esperienza, che a cambiar calce, cambiano anche i colori che ad essa s'aggiungono. Ciò è dovuto al fatto che, benché la calce sia pura e selezionata, le poche impurità in essa contenute tingono in qualche modo i colori ad essa mescolati, fino a far virare, talvolta anche significativamente, il tono della tinta finale: e ciò maggiormente nelle tinte tenui.

Onde scongiurare questo spiacevole inconveniente, il decoratore cosciente dovrà, sempre ed in ogni caso, preoccuparsi di saturare il bianco usato nella tinta.

Quando la calce è satura di color Bianco, siamo ben sicuri che questa, pur 'sporca' che sia, non potrà mai modificare il tono cromatico della tinta preparata. E ciò è quanto mai importante nei casi in cui siamo chiamati ad eseguire dei ritocchi.

Le ricette di base, prese in esame in questo manuale, per questioni di spazio, sono solo 32, e sono un esiguo esempio del risultato della selezione eseguita su molte centinaia di prelievi ed analisi eseguite in tutt'Italia.

Le 32 tinte scelte (9 tinte pietra, 20 tinte maestre e 3 velature), riprodotte come campionatura, che sono le più comuni e le più frequentemente ritrovate, non vogliono certo essere un'imposizione formale per i Tecnici progettisti che si apprestano a creare il proprio Piano del Colore, ma soltanto un punto di partenza da cui iniziare a lavorare in piena autonomia. Più che il prodotto finito, è il metodo che qui ci interessa.

Ogni ricetta, numerata da 01 a 32, mostra l'analisi compositiva dei singoli colori da mescolarsi in percentuale, al fine di riprodurre le 32 mistiche di base. È ovvio che per ogni tinta di base, ognuno potrà ricavare, a piacimento, un vastissimo numero di scalari, modificando anche impercettibilmente la quantità di colore di base da aggiungere o togliere alla calce.

Nel passato, l'operazione di saturazione del Bianco, era praticata con il Bianco di Meudon, il Bianco di Spagna, il Bianco di Champagne o l'impalpabile polvere del Bianco di Carbonato crudo.

La saturazione del color bianco della calce con un qualche altro Bianco più stabile, è una pratica assolutamente generalizzata, che dovrebbe essere presa in considerazione solo nel caso in cui gli operatori compositori si dovessero trovare nella posizione di dover cambiare, obbligatoriamente e frequentemente, il tipo di calce da impiegarsi per la preparazione delle tinte.

È ovvio, che se la calce ha sempre la stessa origine e sempre lo stesso grado di biancore - come quella usata nella nostra Bottega - non vi è ragione di essere così severi nel voler necessariamente saturare i colori: una volta trovata la giusta formula della mestica di base, se il biancore della calce non varia ed il rapporto fra colore e calce è scrupolosamente sempre il medesimo, non varierà neanche il tono delle tinte finali.

Per comparare i due modi di preparar le mestiche, si faccia una prova col Giallo-Bruno 'pelle di leone' nr. 19, e si producano alcune tinte scalari, che abbiano almeno una differenza di mezzo grado tra l'una e l'altra, senza l'ausilio del Bianco di saturazione. Riprovate poi a riprodurre le medesime tinte, aiutandovi col Bianco di saturazione, nel modo in cui s'è detto più sopra.

Fate una prova di tinteggiatura 'a due mani' su una parete non soleggiata: prendete la debita distanza, ed osservate la differenza. Vedrete i primi tinteggi più velati e più trasparenti; i secondi, per contro, saranno più brillanti e più coprenti. Fate la scelta che più si richiama alla vostra cultura ed al vostro senso estetico.



Scalari della tinta 19

2. - *Come si preparano i colori di base*

Si mescoli, in un recipiente pulito, Terra colorata unita a poca acqua. Si usi un vasetto di vetro per ogni terra prescelta. L'acqua aggiunta alla Terra generalmente dev'essere di quantità tale da pareggiare il peso della Terra stessa, e comunque in quantità sufficiente da rendere la mescola risultante della consistenza di una crema fluida che al travaso dia segno di filare. Il rimestare dovrà essere vivace ed accurato, affinché nel colore non restino grumi di Terra non perfettamente stemperati.

Ci si munisca di un bilancino dalla lettura attendibile e, in un recipiente del quale si sia fatta la tara, si travasi ogni singolo colore nella misura dettata dalla ricetta prescelta.

Si rimesti il tutto con diligenza, in modo da non lasciare striature nell'impasto, e alla fine si otterrà la Tinta di Base voluta.

Si veda ancora la tinta Giallo-Bruno di base nr. 19 (pelle di leone).

Essa è così composta:

50,59 parti di Calce (Bianco)
42,60 parti di Terra di Siena naturale;
6,40 parti di Rosso di Pozzuoli;
0,41 parti di Nero di vite.

100 parti di Tinta di Base 19

Quelle che si dicono 'parti' potrebbero essere 'grammi' e, se così fosse, avremmo in tal modo preparata una crema di Tinta di Base del peso di 100 grammi, che potrà essere moltiplicata per la quantità richiesta.

I formulatori di tinte, preparate con la calce, sanno benissimo che il bianco della calce costringe il tono delle tinte entro limiti oltre i quali il tono non si accentua. Un rosso, misto a calce, non sarà mai il rosso vivo da noi ricercato; le tinte accese devono essere preparate rinunciando alla calce. Oltre un certo limite si dovrà preparare la tinta mesticandola col solo temperante (colla di pesce, di carniccio, olio cotto, ecc.) ed applicarla in successive velature sino all'ottenimento del risultato voluto.

3. - Il consumo della tinta: quanta prepararne?

Una volta che è stata preparata la giusta quantità di grassello colorato, si diluisca questa pasta con il 30 o 40% d'acqua e si otterrà il latte di calce colorato, pronto ad essere steso a pennello sul manufatto da tingere.

L'operatore dovrà sapersi regolare per quanto riguarda la quantità di latte di calce da preparare: è consigliabile che la tinta sia preparata una sola volta per l'intera opera di tinteggiatura.

Chi ha già dimestichezza con le tinture a calce sa benissimo che due quantità del medesimo materiale, preparate in due momenti diversi, danno risultati impercettibilmente, ma inevitabilmente diversi.

È consigliabile pertanto valutare attentamente le giuste dosi e le giuste quantità di materiale da impiegare prima di intraprendere qualsiasi opera di tinteggiatura.

Dieci chilogrammi, di grassello colorato e diluito, considerati gli inevitabili ritocchi e sprechi, ci consentono di tingere 60 metri quadri gagliardi di parete, 'passati con una mano'.

Considerato però che di 'mani' ce ne vogliono sempre due, diciamo che con 10 chilogrammi di grassello si riescono a tingere, a Regola d'Arte, fino a 30 metri quadri di parete.

Per concludere: per tingere a due mani di latte di calce colorata, una specchiatura maestra di 30 metri quadri, l'operatore preparerà: 10 Kg. di Grassello di calce del colore scelto. Pertanto, poiché un secchio di calce ben colmo, contiene mediamente 30 chilogrammi di materiale, e considerando che tale quantità dovrà successivamente essere diluita con quasi altrettanta acqua, si può tranquillamente ipotizzare che un secchio di calce pigmentata e diluita, possa essere sufficiente a dipingere 100 metri quadri di facciata a due 'mani'.



4. - Le Cromie Locali ed i toni scalari delle tinte

Generalmente, come l'esperienza ci insegna, la campagna d'indagine sui colori storici della città viene conclusa evidenziando non più di 25 tinte comprendenti quelle che caratterizzano il colore delle pietre ed i colori delle campiture di facciata: e non sempre, poi, 25 tinte corrispondono a 25 tinte di base.

Usualmente, l'insieme delle tinte che formano l'Abaco sono il risultato ottenuto dall'uso d'alcune Tinte di Base diluite nella calce, con differenti rapporti fra composto pigmentante ed il Bianco di saturazione, in modo da ottenere toni scalari, originati dalla stessa tinta di base, che allargano di molto la gamma delle tinte locali.

Per Colore o Tinta di Base s'intende, in questo manuale, una delle 32 combinazioni di colore, da noi selezionate, già mescolate con il grassello di calce.

Per Tono scalare si intende l'effetto cromatico più scuro o più chiaro di una stessa tinta, ottenuto variando in più o in meno la quantità di colore da mescolarsi col Bianco prescelto nella formulazione. Se non usassimo un Bianco di saturazione, i toni scalari di una stessa tinta non potrebbero esprimersi in una gamma infinita: di fatto, se da un lato il decrescere della quantità di colore di base porta ad uno smarrimento della tintura sino a farle perdere ogni connotazione cromatica, dall'altro, l'aumentata quantità di colore, nella calce, ci porta inevitabilmente ad un punto di saturazione del tono.

Un esempio di scalare: nella precedente formulazione del Giallo-Bruno 19 si noti che nel 100% di tinta di base, il 50,59% è la percentuale di Bianco, e 49,41 è la parte pigmentante. Se volessimo preparare uno scalare di tono più chiaro, della medesima tinta 19, dovremmo sottrarre materia alla percentuale pigmentante, riducendola di 10 punti, aumentando di 10 punti la quantità di calce (Bianco 60,59% - Pigmento 39,41%).

Per Tono saturo si intende quel tono di tinta oltre il quale l'aumento della frazione di colore di base, mescolata alla calce, come già accennato, non può dare più alcuna variazione cromatica.

Il punto di saturazione delle composizioni, formulate con grassello di calce, varia col variare della natura delle Terre usate per la preparazione delle tinte: in generale si può affermare, che - nei nostri esempi - usando pigmenti inorganici, tale punto di saturazione si raggiunga già attorno al 12%. Oltre questo limite non solo non varia il tono ma si riscontra pure un fenomeno di dissociazione fra Terre e calce che può compromettere la stabilità delle tinte sulle facciate.

5. - *Abaco delle tinte locali*

Nella successiva tabella (TAV. I) sono esposte 32 campionature delle tinte a calce più frequentemente ritrovate su lacerti di intonaci colorati prelevati da superfici esterne di edifici ottocenteschi.

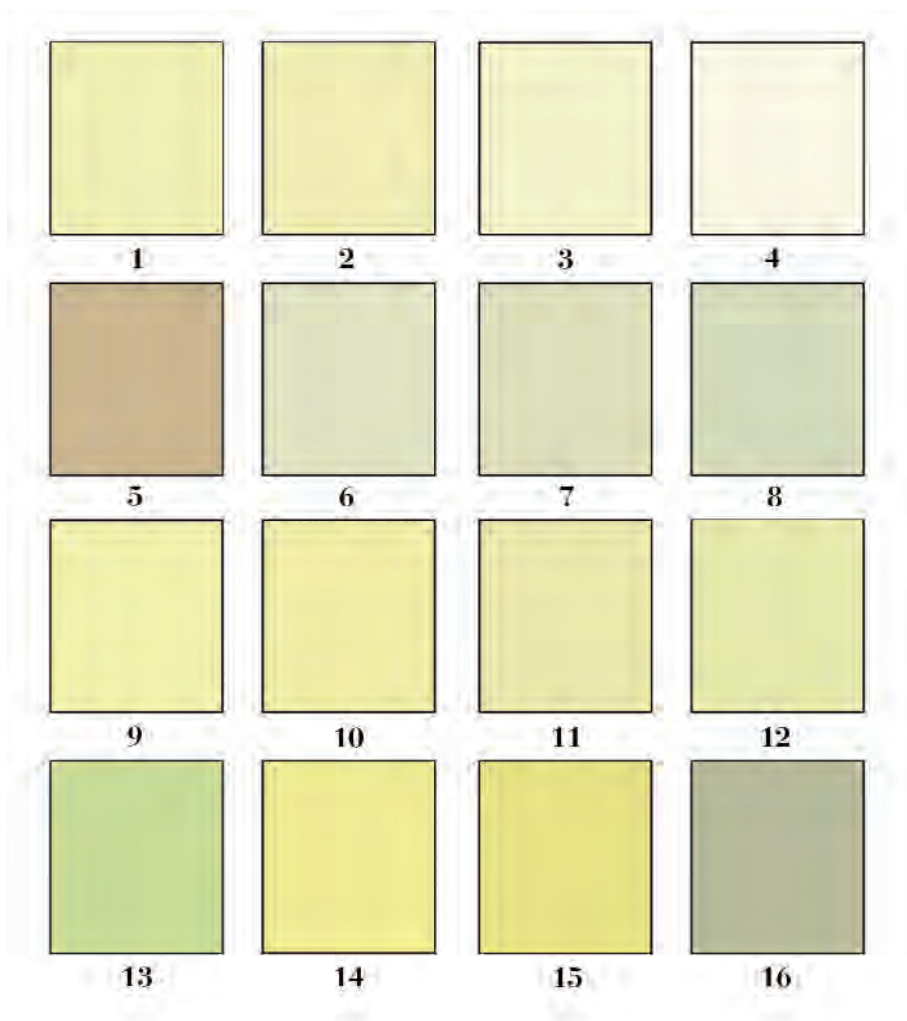
Trattasi di 9 tinte riferite agli aggetti, che conducono ai colori delle pietre locali; 23 tinte di superfici maestre, tra le quali si trovano 3 esempi di velatura.

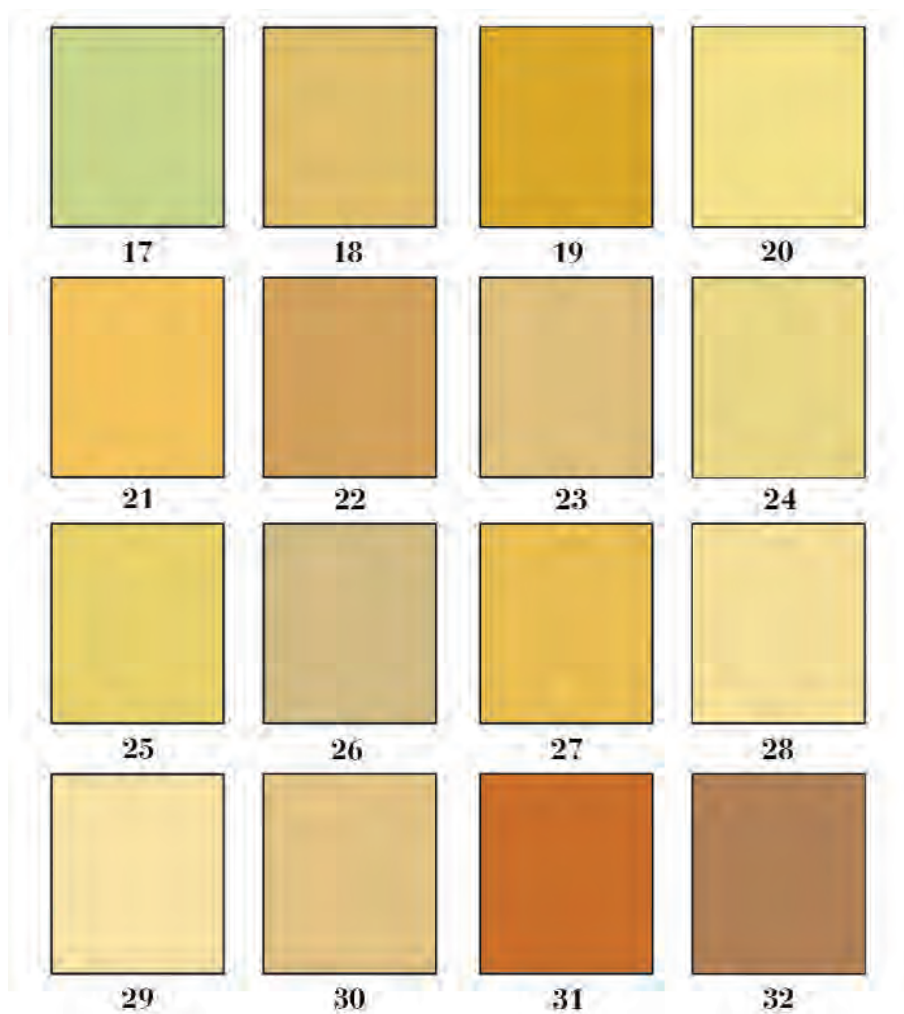
Il colore 19, per esempio, è composto di una velatura semitrasparente di color ‘pelle di leone’ su un sottostante tonachino giallo ocre brillante, luminoso, ben liscio col taglio della cazzuola.

Resta inteso che le tinte nelle tabelle, riservate alle pietre degli aggetti, possono essere benissimo scelte per il tinteggio delle facciate maestre, e per contro, quelle che in tabella vengono definite tinte maestre possono servire al tinteggio degli aggetti, qualora il Piano lo richiedesse.

Per una questione meramente didattica, delle 32 campionature vengono qui esposte le composizioni approssimative dei colori di base (TAV. II). I provini dipinti su carta e stampati su un quaderno, non rendono mai giustizia al reale valore cromatico del colore.







1	93,8	2,0	4,1					0,1
2	91,7	3,9	4,2	0,1				0,1
3	94,5		4,7		0,1			0,7
4	96,6		2,7		0,1			0,6
5	82,6		14,3		1,3			1,8
6	96,5			0,5		2,2	0,8	
7	94,6		3,0	0,1				2,3
8	89,1		8,2		0,2			2,5
9	90,02		9,2	0,1		0,5		
10	89,1		8,9		0,6	1,4		
11	87,9		9,0		0,5			0,8
12	87,6		10,8		0,1			1,5
13	76,5		20,0		0,1			3,4
14	86,0		13,8		0,1			0,1
15	63,7		34,7		0,6			1,0
16	80,7		12,8		0,3			6,2
17	56,7		36,3			0,5		6,5
18	56,2		40,4		3,0			0,4
19	54,81		42,6		6,4			0,41
20	76,0	22,1			1,7	0,2		
21	78,6		18,4		2,8	0,2		
22	70,0		24,0	1,6	4,2			0,2
23	85,7		11,2	1,4	1,1			0,6
24	78,8		20,2	0,1	0,7			0,2
25	68,7		30,2		1,0			0,1
26	58,4		35,4		2,6			3,6
27	19,7		72,3		5,4			2,6
28	93,9		5,1	0,2	0,6			0,2
29	96,6		2,5		0,8			0,1
30	94,2		3,4		1,7			0,7
31	59,3		22,0	16,7				2,0
32	52,8		14,0		32,4			0,8

TAV. II - Composizioni Tinte di Base (Percento %)

- | | |
|---|-------------------------------------|
|  | 1. Bianco (Calce + TiO_2) |
|  | 2. Giallo Ocra |
|  | 3. Terra di Siena naturale |
|  | 4. Terra di Siena bruciata |
|  | 5. Rosso Pozzuoli |
|  | 6. Verde Brentonico |
|  | 7. Blu Oltremare |
|  | 8. Nero di vite |

Fate attenzione

Vanno avvertiti gli operatori chiamati per la tinteggiatura, che gli intonaci (o tonachini), trattati con composti idrorepellenti (e pertanto poco assorbenti), una volta tinteggiati, ed asciutti, mostrano toni cromatici più chiari della medesima tinta posta su un adiacente fondo assorbente. Ciò accade spesso quando si applicano due tipi diversi di intonaco: uno idrorepellente per la zoccolatura, ed uno comune per la facciata maestra sovrastante. Si consiglia, in questi casi, di normalizzare l'intera facciata con un tonachino comune, o usare un omogeneizzatore di assorbenza su tutta la superficie, prima di principiare il lavoro.

§ 1. - *La prova d'arte conclusiva*



I CHIEDE AGLI ALLIEVI di formulare una malta per intonaci (interni/esterni) usando le seguenti materie prime:
CALCE, SABBIA, POZZOLANA, COCCIOPESTO.

La prova finale, del corso appena frequentato, vuole essere la dimostrazione d'aver recepito almeno i rudimenti dell'arte di scegliere i materiali descritti nel presente quaderno, comporli secondo quanto si è appreso, ed applicarli su un supporto campione in modo da poterli osservare, una volta maturati, nel loro comportamento meccanico, nonché giudicarli sotto l'aspetto estetico.

Si assumano, come traccia storica da seguire, alcune ricette estrapolate dalla letteratura classica e dalla manualistica ottocentesca, in modo da dare risposte il più possibile in aderenza con la storia e la tradizione. Ecco una dozzina di brani scelti. Per completezza, in alcuni di essi è riportato l'originario testo in latino.



1.

I secolo a.C., Marco Vitruvio Pollione, *De Architectura*

MALTA CON CALCE E SABBIA (E COCCIO PESTO)

Libro II - Capo V (pp. 78-81)

«1. Dopo aver parlato dei materiali sabbiosi vediamo ora quanta attenzione si debba usare nel trattamento della calce. La si ottiene dalla cottura di pietra bianca o di selce; quella ricavata da una pietra compatta e dura è adatta per la struttura muraria, mentre quella ottenuta da una pietra porosa va bene per l'intonaco. Una volta raffreddata la si mescola con sabbia nel rapporto di uno a tre se questa è di cava, di uno a due se invece è di fiume; così si ottiene un dosaggio ben equilibrato. Ma il risultato sarà ancora migliore se alla sabbia di fiume o di mare si aggiungerà la terza parte di frammenti di coccio pestato e setacciato».

«1. De harenae copiis cum habeatur explicatum, tum etiam de calce diligentia est adhibenda, uti de albo saxo aut silice coquatur: et quae erit ex spisso et duriore, erit utilis in structura, quae autem ex fistuloso, in tectoriis. Cum ea erit extincta, tunc materia ita misceatur, ut, si erit fossicia, tres harenae et una calcis infundatur; si autem fluviatica aut marina, duo harenae, una calcis coiciatur. Ita enim erit iusta ratio mixtionis temperaturae. Etiam in fluviatica aut marina si qui testam tunsam et succretam ex tertia parte adiecerit, efficient materiae temperaturam ad usum meliorem».

(Malta con Cocciopesto)

Impastare:

calce	1 parte
sabbia di cava	2 parti
cocciopesto grosso	1 parte

oppure

calce	1 parte
sabbia di fiume	1 parte
cocciopesto grosso	1 parte

2.

I secolo d.C., Gaio Plinio Secondo (Il Vecchio), *Naturalis Historia*

MALTA CON CALCE E SABBIA (E COCCIO PESTO)

Libro XXXVI - Il marmo (pp. 710-711)

«175. Di sabbia esistono tre specie: la fossile, a cui si deve aggiungere un quarto di calce, poi la fluviale e la marina, a cui si aggiunge un terzo di calce. Se si integra con una terza parte di frantumi di terra cotta, la malta sarà migliore. Dall'Appenino al Po non si trova sabbia fossile, né al di là dei mari. La malta è tanto più efficace, quanto più è vecchia. Nei regolamenti del passato sulle costruzioni si trova scritto che nessun imprenditore può usare malta che abbia meno di tre anni: perciò non c'è una sola crepa che guasti gli intonaci di un tempo».

«175. Harenae tria genera: fossicia, cui quarta pars calcis addi debet, fluviatili aut marmae tertia. Si et testae tusae tertia pars addatur, melior materia erit. Ab Appenino ad Padum non invenitur fossicia, nec trans marina. Ruinarum urbis ea maxime causa, quod furto calcis sine ferumine suo caementa componuntur. Intrita quoque ea quo vetustior, eo melior, In antiquorum aedium legibus invenitur, ne recentiore trima uteretur redemptor; ideo nullae tectoria eorum rimae foedavere».

Ipotesi di applicazione (MALTA COMUNE)

Mescolare:

calce 1 parte	sabbia fossile	4 parti
---------------	----------------	---------

oppure

calce 1 parte	sabbia fluviale o sabbia marina	3 parti
---------------	---------------------------------	---------

Questi impasti possono essere migliorati con l'aggiunta di:
sabbia grossa di cocchiopesto ½ il peso della sabbia

La malta risulta migliore quanto è stagionata.

3.

1456-1502, Francesco di Giorgio Martini, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*.

MALTA CON CALCE E SABBIA

Primo trattato - Principi e norme necessarie e comuni (p. 317)

«Una natura di pietra bigia in Toscana è ditta Albazzano, della quale si fa calcina in li loci umidi di grandissima tenacità: di colore di cenere. Ma ricerca questa avvertenza, che immediatamente, tratta della fornace si spenga con grande quantità di acqua, perché la piccola quantità di acqua la incende e trasmutala a similitudine di arena. La sua mistione con arena di fiumi è: due parti di arena et una di calcina; con le altre tre parti arena et una calcina. La calce di spongiosa pietra [e] di tiburtino nero o bastardo allo arricciare et allo intonacare è [assai] più utile delle altre. La calce delle rotonde pietre delli fiumi, chiamati ciottoli, è grassa, pastosa et assai utile, et allo umido et al foco parimente resiste. Ma quella che di tutte le altre è più utile è fatta di pietra selice, di colore indico overo bigio scuro, della quale sono fabricate le strade fore di Roma [che volgarmente la strada di Virgilio si dice]».

Osservazione che necessita un chiarimento (vedi Albazzana).

(PREPARAZIONE DELLA CALCE)

- Dalla cottura della pietra detta Albazzano si ottiene una calce molto adatta per le malte che devono essere applicate nei luoghi umidi.
- Questa calce deve essere spenta con una grande quantità d'acqua appena uscita dalla fornace.

Mescolare:

arena di fiume	2 parti
calcina di Albazzano	1 parte
oppure altre sabbie	3 parti
calcina di Albazzano	1 parte

La calce di una pietra spugnosa come il Tiburtino è adatta per fare le arricciature e le intonacature. La calce ottenuta dalla cottura di ciottoli di fiume è ‘grassa e pastosa’ ed è particolarmente indicata per i luoghi umidi e per quelli molto caldi. La calce più ‘utile’ è quella fatta di pietre silicee di colore grigio scuro. (È la pietra selce con cui si lastricavano le strade).

4.

1567, Pietro Cataneo, Giacomo Barozzi da Vignola.

Trattati con l'aggiunta degli scritti di architettura di Milano, il Polifilo, 1985.

MALTA CON CALCE, SABBIA E GHIAIA PER CALCESTRUZZO

Libro secondo - Cap. XII (p. 287)

Calcestruzzo o smalto di due sorti

«Grande utile, comodità, e vaghezza ci rende lo smalto, o calcestruzzo; e si fa di due sorti: una serve ai pozzi, cisterne, fontane, e conserve di acqua ritenendola in quelle, acciò che per i pori della terra non possa pigliare esito. Così ancora per le logge che si fanno scoperte senza tetto resiste all'acque, che non possino penetrare sotto le loro volte, quando sia con diligenza bene ordinato. E volendo fare questo, piglisi parti una di buona calcina albazzana, parti una di ghiara sottile, parti una di buonissima rena, et in questi si piglia per i più la rena di fiume molto ben lavata, aggiungendovi polvere di treverino, perché lo fa migliore: e messo che egli è in opera, non se gli dà più molestia».

Interpretazione:

(Smalto o calcestruzzo per esterno e per luoghi atti a contenere acqua)

Prendere:

calcina albazzana	1 parte
ghiaia sottile	1 parte
sabbia di fiume ben lavata	1 parte

Aggiungere a questi ingredienti della polvere di travertino.

5.

1485, Leon Battista Alberti, *L'Architettura*

MALTA DI CALCE E SABBIA

Libro III - Cap. IV (pp. 188-189)

«Catone dice che per ogni piede di lavoro si devono dare due moggi di rena e uno di calce. Altri autori danno proporzioni diverse. Vitruvio e Plinio dicono che la sabbia va mescolata alla calce in modo che questa sia un quarto se la sabbia è di cava e un terzo se è fluviale o marina.

Infine, se la qualità e la natura della pietra, come in seguito diremo, richiedono materiali più fluidi e cedevoli, la sabbia deve essere passata al setaccio; se invece occorre grana più grossa, si mescoleranno alla sabbia, nella misura di un mezzo, ghiaia poligonale e pietrisco. Se poi si aggiunge un terzo di mattone pestato, è comune opinione che il miscuglio risulterà molto più tenace. Ad ogni modo, qualunque sia la mescolanza, bisogna rimendarla più volte, finché ogni minimo frammento non venga assimilato. Per questa ragione alcuni, per meglio rimescolare, rivoltano a lungo il miscuglio pestandolo nel mortaio».

«Cato statuebat in singulos pedes dari calcis modium unum, harenae duos, alii aliter. Vitruvius quidem alque item Plinius harenas iubent admisceri, ut sit ad fossiceas pars quarta, ad fluviatiles atque maritimas tertia. Caeterum, ubi pro lapidum natura et qualitate, uti mox releremus, materia futura erit liquidior el mollior, in cer niculis harena excipietur; ubi vero spissior, tunc glarea angularis et fractitiorum minutalia ammiscebuntur una cum harena ex dimidia; tertiam si tunsae testae partem adieceris, affirmant omnes futuram multo tenaciorem. Tu tamen, uticunque miscueris, iterum atque iterum subigas oportet ad minutorum usque corpuscolo run commixtionem; et sunt ea de re qui probe commiscendi gratia mortariis diutius versant atque intundunt».

Da sperimentare:

(INDICAZIONI TRATTE DA CATONE)

- Per ogni piede (romano: 29,57 cm) di lavoro mescolare:

sabbia	moggi 2 (Litri 17,46)
calce	moggi 1 (Litri 8,73)

(INDICAZIONI TRATTE DA PLINIO E VITRUVIO)

- Mescolare:

	calce	1 parte
	sabbia di cava	4 parti
oppure:	calce	1 parte
	sabbia di fiume	3 parti
	o sabbia di mare	

Se la qualità della calce richiede materiali più ‘fluidi e cedevoli’ la sabbia deve essere setacciata.

- Se invece si desidera ottenere un impasto più consistente aggiungere:

ghiaia poligonale e pietrisco 1/2

- Per ottenere un miscuglio più tenace aggiungere:

mattoni pestati 1/3

In generale ogni composto va mescolato molto accuratamente. Alcuni, per incorporare meglio gli ingredienti, pestano la malta nel mortaio.



6.

1485, Leon Battista Alberti, *L'Architettura*

MALTA CON COCCIO PESTO PER PAVIMENTO

Libro III - Cap. XVI (pp. 258-259)

«S'incontrano inoltre ricoperture molto antiche ottenute con un unico strato di un materiale consistente in un miscuglio di calce, sabbia e polvere di terra cotta, nella misura di un terzo per ciascuno (così almeno suppongo). Mi risulta che tali ricoperture divengono più solide e resistenti se vi si aggiunge polvere di travertino nella misura di un quarto. Alcuni reputano particolarmente adatta a questo genere di lavori la pozzolana in polvere, che chiamano 'lapillo'. Si può sperimentare che superfici fatte tutte con un'unica mistura, se battute con assiduità per più giorni, divengono quasi più consistenti e dure della stessa pietra. Risulta inoltre che, se vengono cosparse di acqua di calce, e unte con olio di lino, acquistano una durezza paragonabile a quella del vetro e divengono inattaccabili dalle intemperie. La calce rimestata con olio - sostengono - difende i pavimenti dagli elementi dannosi».

«Praeterea spectantur vetustae crustae ex sola materia, quae fiat iuncta calce harena et tunsa testa minutiere, quantum coniecor, ex tertia. Compertum habeo crustas hasce fore firmiores et constantiores, si partem adieceris quartam tunsis lapidis Tiburtini.

Sunt qui Puteolanum pulverem, quem rapillum nuncupant, huic operi probent maiorem in modum. Crustas item, quae ex sola sint materia obductae, experiri licet verberatu crebriore et in dies iterato acquirere spissitudinem et duritiem, prope ut exuperet lapidem. Et crustis istiusmodi constat, si lotura calcis aspergantur, si oleo linaceo oblinuntur, importari duritiem quandam vitream et contra tempestates illesam. calcem oleo subactam affirmant nihil pavimentis nocuum admittere».

La procedura:

(PAVIMENTI ANTICHI)

- Miscelare:

calce	1 parte
sabbia	1 parte
polvere di terracotta	1 parte

- Per rendere questo rivestimento più solido aggiungere:

- polvere di travertino 1/4
- oppure:
- pozzolana in polvere detta lapillo.

Queste pavimentazioni battute per lungo tempo divengono più dure della pietra.

- Per rendere il pavimento duro e lucido come il vetro cospargerlo con:

acqua di calce;
olio di lino.

7.

1550, Giorgio Vasari, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori et scultori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri*.

MALTA CON CALCE E POLVERE DI MARMO PER STUCCO

Introduzione architettura - Cap. IIII (p. 37)

«Ora volendo mostrare come lo stucco s'impasti, si fa con uno edificio in un mortaio di pietra pestare la scaglia di marmo, né si toglie per quello altro che la calce che sia bianca, fatta o di scaglia di marmo o di travertino; et in cambio di rena si piglia il marmo pesto e si staccia sottilmente et impastasi con la calce, mettendo due terzi calce et un terzo marmo pesto, e se ne fa del più grosso e sottile, secondo che si vuol lavorare grossamente o sottilmente».

(PREPARAZIONE DELLO STUCCO)

- Pestare le scaglie di marmo in un mortaio di pietra.

Impastare:

polvere di marmo setacciata 1/3
(in sostituzione della sabbia)
calce di marmo o di travertino 2/3

8.

1739, Bernard Belidor, *La Scienza degli ingegneri*, Milano, Perelli e Mariani, 1840.

MALTA DI CALCE E SABBIA

Libro terzo - Cap. V (pp. 117-118)

«Abbiam detto parlando della calce nel terzo capitolo che dopo averla estinta in fosse di terra sarebbe cosa opportuna lasciarvela riposare molto tempo, prima di mescolarla con la sabbia per farne malta, perché di fatto questa saggia precauzione più che d'ogni altra, la rende di buona qualità. Ma siccome non è possibile una tal pratica, per la pazienza che si ha d'eseguire un lavoro appena progettato, descriverò il modo col quale ordinariamente si prepara la calce per farne poi subito della malta. Fatta una piccola fossa, presso la quale se ne scava un'altra più profonda e più grande, si mette nella prima una certa quantità di calce sulla quale si getta dell'acqua agitandola colla marra, e quando è diventata liquida si fa colare nella gran fossa, ove si rapprende poi come cacio fiore, e di là si toglie per mischiarvi la sabbia. Questo miscuglio si fa ordinariamente di due terzi di sabbia sopra un terzo di calce misurata viva, o di tre quinti di sabbia su due quinti di calce secondo che ella cresce più o meno; perché quando ella è grassa e fatta di buoni ciottoli, si possono mettere per sin tre quarti di sabbia sopra un quarto di calce; il che accade di rado, essendo difficile l'aver calce così grassa da portar tanta sabbia, Si deve cavar la sabbia sol quando si ha ad adoperare, mostrando la esperienza che il sole la altera, là dissecca, e le toglie un certo grasso che ne costituisce tutta la bontà. D'altra parte l'acqua ne scioglie i sali volatili, ed essa quindi cangiasi in una specie di terra, che, mista colla calce, non fa più corpo né lega colla muratura. Per altro si noti che trattando di far degli intonachi può anche esser la sabbia non tanto grassa, perché se prontamente si secca fa sgretolar la calcina ed impedisce per conseguenza che l'intonaco resti pulito».

Interpretazione:

(PREPARAZIONE DELLA CALCE)

Per spegnere la calce occorrono due fosse: nella prima viene spenta, nella seconda viene colata, una volta diventata liquida.

La calce spenta e colata nella seconda fossa si chiama cacio fiore.

Da questa seconda fossa viene estratta la calce da impastare con la sabbia.

(IMPASTI PER MALTA COMUNE)

1° Impasto

calce	1 parte
sabbia	2 parti

(il volume della calce va misurato quando questa è ancora viva)

2° Impasto

calce	2 parti
sabbia	3 parti

3° Impasto

calce grassa	1 parte
sabbia	3 parti

- Estrarre la sabbia dalla cava poco prima del suo utilizzo altrimenti le sue qualità vengono alterate dal sole e dagli agenti atmosferici.
- Negli intonaci utilizzare solo sabbia ‘non tanto grassa’, perché quella grassa, seccandosi velocemente, fa ricoprire di crepe l’intonaco.



9.

1781, Francesco Milizia, *Principj di architettura civile*, Finale Ligure, Stamperia Jacopo de Rossi.

MALTA DI CALCE E SABBIA

Parte terza - Cap. v (p. 419)

«Non si può assegnar niente di costante circa la dose dell'arena colla calce per fare una buona malta. Ciò deve variare secondo la varietà degl'ingredienti, de' paesi e delle qualità della muratura. Ordinariamente si fa metà e metà. Ma se la calce è buona si possono mettere $\frac{3}{5}$ d'arena e $\frac{2}{5}$ di calce e talvolta anche $\frac{2}{3}$ d'arena, e fino anche $\frac{3}{4}$, il che è bene straordinario, essendo rarissima sì forte e sì grassa da portare tanta arena. Vitruvio crede che la miglior malta è quella dove siano tre parti d'arena di cava, o due d'arena di fiume, ed una di calce: egli stima che sarà anco migliore se vi si aggiunge una parte di tegola pesta. In somma la miglior calce è suscettibile di maggior quantità di arena migliore.

Ma qualunque sieno gli ingredienti che in qualunque proporzione compongono la malta, la di lei perfezione principalmente deriva dalla fatica di maneggiarla. Gli antichi dicevano che la malta va stemperata col sudor della fronte, cioè: misticata lungo tempo, in vece di mettervi molt'acqua per averla subito e senza fatica. A forza di braccia ha da diventar liquida e grassa. Poc'acqua anzi niente. Non è la necessità, ma la pigrizia degli operai che v'impiega l'acqua, la quale la sgrassa, ne ammortisce i sali e ne diminuisce la bontà».

Si provi:

(MALTA ORDINARIA)

- Unire:

arena	1 parte
calce	1 parte

oppure

arena	3 parti
calce buona	2 parti

arena	2 parti
calce	1 parte

arena	3 parti
calce	1 parte

In generale più una calce è buona e maggiore è la quantità di arena che l'impasto richiede. (L'autore fa notare che una calce tanto buona da permettere un apporto inerte/legante di 1:3 è 'rarissima').

Manipolare le malte a lungo aggiungendo solo la quantità d'acqua strettamente necessaria.

10.

1832, Nicola Cavalieri San Bertolo, *Istituzioni di architettura, statica e idraulica*, Mantova, Elli Negretti, 1845.

MALTA DI CALCE E POZZOLANA

Vol. II - Capo IV (p. 41)

«§551. Generalmente in Roma dagli odierni costruttori si stabiliscono presso a poco le seguenti proporzioni fra la calcina e la pozzolana nella composizione delle malte, secondo i vari usi a cui sono destinate. La convenienza di tali proporzioni sembra giustificata dalle prove di una diuturna esperienza».

Malte per usi diversi

	Calcina	Pozzolana
1. Per muri di pietrame o sia pezzi di tufo vulcanico	0,15	0,85
2. Per muri di tavolozza, o sia frantumi di laterizi	0,25	0,75
3. Per muri di mattoni	0,30	0,70
4. Per muri di mattoni a cortina rotati in costa	0,45	0,55
5. Per pavimenti mattonati	0,36	0,64
6. Per le selciate in malta (§124)	0,22	0,78
7. Per gl'intonachi	0,40	0,60

11.

1853, Gustav Adolf Breyman, *Trattato generale di costruzioni civili*, Traduzione italiana dell'Ing. Carlo Valentini, con note di A. Cantalupi, L. Mazzocchi, P. Boubève, R. Ferrini, Milano, Vallardi, 1885.

MALTA CON CALCE E SABBIA PER BATTUTI

Vol. I - Cap. VI (pp. 280-281)

§8. Battuti di calce

«Qui non possiamo descrivere tutte le diverse qualità dei battuti, ma ci dobbiamo limitare solo a quelle principalmente in uso. In generale tutti si riducono a stendere una specie di calcestruzzo, per solito in più strati, consolidandolo e spianandolo col batterlo, poi sovente col lisciarlo e pulirlo o col rivestirlo di uno smalto. Menzel nel suo lavoro ‘Der praktische Maurer’ descrive i seguenti modi di preparazione.

Si stende sul suolo preventivamente spianato e si batte bene uno strato di ciottolini. Poi con un vaglio sottile si staccia della calce in polvere bene fresca, mescendo due parti di calce con una di sabbia, e si inumidisce il tutto con tanto sangue di bue, quanto si richiede per ottenere l'impasto; però è meglio scarseggiare.

La miscela si stende poi sul suolo e si batte subito seguitando a bagnarla. Intanto si continua a versare la miscela di polvere asciutta (sabbia e calce) e si seguita a battere, finché il pavimento acquista la durezza della pietra».

Schematicamente:

(BATTUTO DI CALCE DESCRITTO DAL DOTT. MENZEL)

- Disporre sul suolo da pavimentare uno strato di piccole pietre.

Impastare:

calce fresca in polvere	2 parti
sabbia	1 parte
sangue di bue quanto basta per amalgamare l'impasto.	

- Stendere l'impasto sullo strato di pietre e batterlo continuando contemporaneamente a bagnarlo con il sangue di bue e a coprirlo con una miscela di polvere di calce e sabbia.
- Continuare la battitura fino a quando il pavimento sia diventato duro come la pietra.

12.

1862, Antonio Cantalupi, *Istruzioni pratiche sull'arte di costruire le fabbriche civili*, Milano, Galli e Omodei, 1874.

MALTA CON CALCE E POZZOLANA

Vol. I - Cap. IV - Opere architettoniche generali (p. 268)

«La malta della 3^o specie vien fatta con una parte di calcina idraulica in polvere, passata allo staccio fino e mescolata con una parte di pozzolana e due parti di sabbia. Con un esperimento in piccolo si cerca la quantità d'acqua necessaria per fare un impasto denso di queste materie.

Si mescolano quindi i tre ingredienti a secco in un mortaio, o meglio in un mastello da malta, e si aggiunge in una sol volta tutta la quantità d'acqua necessaria, rimestando prontamente il miscuglio prima che sia cominciata l'estinzione della calcina. Si continua il rimescolamento per alcuni minuti onde dar campo alla calcina di spegnersi, ed appena la calcina sarà estinta si potrà impiegare la malta.

Quando si voglia ottenere una presa simile a quella del gesso, non si avrà che di usare la malta subito dopo il miscuglio senza attendere che l'estinzione della calcina sia compiuta. La malta della 4^o specie è composta di tre parti di calcina comune caustica, da una parte di calcina comune in polvere, di sedici parti di pozzolana e di quattro parti d'acqua.

Questa malta va confezionata nel seguente modo: si spegne la calcina viva nell'acqua, in guisa che si formi in latte, poi si mesce colla pozzolana, e quando la mistura è ridotta in pasta omogenea vi si aggiunge la calcina in polvere, rimestandola bene colla cazzuola. Questa malta va impiegata subito perché se ne ottenga l'effetto corrispondente».

Schematicamente:

(MALTE PER INTONACI)

1° Impasto:

calce idraulica in polvere setacciata	1 parte
pozzolana	1 parte
sabbia	2 parti

- Mescolare gli ingredienti a secco aggiungendo in una volta sola tutta l'acqua necessaria all'impasto.
- Continuare a mescolare fino a quando la calce si sia completamente estinta.

Per ottenere una malta con una presa simile a quella di una malta di gesso utilizzare il composto subito senza attendere la completa estinzione della calce.

2° Impasto

calcina comune caustica	3 parti
calcina comune in polvere	1 parte
pozzolana	16 parti
acqua	4 parti

- Spegnerne la calce viva nell'acqua in modo che acquisti la consistenza del latte.
- Impastare la calce con la pozzolana fino a ottenere una pasta.
- Aggiungere la calce in polvere.
- Amalgamare bene il composto con la cazzuola.
- Utilizzare subito.

Un consiglio di cantiere

Coloro che preparano le malte idrauliche, mediante l'uso di pozzolana (o di pozzolane), si ricordino che le pozzolane, la polvere di cocciopesto e le sabbie scelte per la preparazione delle malte, devono, tutte assieme, essere considerate come la somma degli aggregati che concorrono alla definizione del fuso di Fuller.

In Bottega, per la prova d'Arte, si troveranno a disposizione degli allievi le materie prime qui sotto descritte. Altre materie, non specificatamente elencate, si richiedano al Mastro esaminatore prima della prova.

**Leganti:**

Grassello di calce, in zolle, macerato a lungo

Calce aerea in polvere (CL 70 - 90)

Calce idraulica naturale d'Albettone (veneta)

Calce idraulica naturale d'Alberina (toscana)

Calce idraulica naturale 'Nivura' (siciliana)

Calce e pozzolana di massima energia

Acqua di calce

Pozzolane:

Pozzolana di Bacoli

Pozzolana zeolitica di Nola

Pozzolana di Tivoli

Pozzolana di Lunghezza

Caolino calcinato della Tolfa di massima energia

Chiara rossa di Catania

Sabbie e Ghiaiette:

Sabbia carbonatica di frantoio

Sabbie silicee d'ogni origine e colore

Ghiaie di frantoio d'ogni colore e granulometria

Ghiaie naturali non frante (granulometrie limitate)

Polveri di tufi e arenarie nazionali

I suelencati aggregati possono essere richiesti in qualsivoglia granulometria da 0 a 5 mm.

Coccio pesto:

Cocciopesto di ogni pezzatura selezionato in 6 frazioni:

(μm) 0 - 80; 100 - 250; 250 - 1200; 1200 - 1900; 2000 - 4.500; 5000 - 3 cm.

Colori: Rosso, Rosato, Giallo tufo.

I toni cromatici della malta da formulare possono essere ottenuti mediante l'uso di sabbie e marmi dal colore naturale, quali: sabbie silicee gialle di campo; sabbie bigie di fiume; sabbie bigie di frantoio; ghiaino lavato di fiume. Fra queste materie, delle quali lo studente può disporre, si distinguono le polveri di marmo.

Eccone la lista:

Arabescato Rosso

Bardiglio

Bianco Carrara

Bianco Verona

Botticino

Breccia Aurora

Breccia Pernice

Giallo Mori

Giallo Siena

Grigio Carnico

Marron Prugna

Nero Ebano

Rosa Corallo

Rosa del Garda

Rosso Levante

Rosso Verona

Travertino

Verde Alpi

Il Nero Azolo di Catania è una piroclastica vetrosa, non reattiva.

Il Rosso Chiare di Catania è un'argilla naturalmente torrefatta.



Velature su intonaco

Un'avvertenza

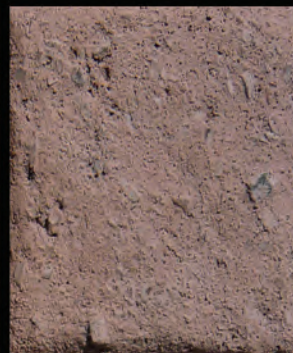
Le malte pozzolaniche, a similitudine della calce caustica non completamente estinta, in fase di presa tormentano il colore dei tinteggi, modificando anche significativamente il loro tono cromatico. Al fine di scongiurare tale ipotesi si principi l'opera di tinteggiatura quando le superfici degli intonaci danno segno d'essere adeguatamente asciutte.

Nelle pagine seguenti si possono vedere i campioni di malta relativi al Piano del Colore 'virtuale' della Siena del Lorenzetti. Gli impasti dei campioni non contengono alcun pigmento ottenuto da Terre; il loro tono cromatico si evidenzia grazie all'uso di selezionatissime mondiglie di marmo colorato e sabbie locali selezionate.

Ambrogio Lorenzetti (1265-1348 c)

Effetti del Buon governo, Palazzo Pubblico, Siena (particolare)





SPECIFICHE PER LA PROVA D'ARTE

Si chiede all'artiere-studente di preparare una malta da intonaco confezionata in polvere, a pie' di fabbrica, composta di:

- calce aerea in polvere ad alto titolo d'idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$;
- specifiche pozzolane naturali;
- polvere derivata dalla macinazione di laterizi cotti a bassa temperatura (coccio-pesto);
- sabbie silicee di campo, selezionate in curva granulometrica continua.

La malta non dovrà contenere né solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker.

Il legante contenuto nella suddetta malta dovrà avere caratteristiche di spiccata idraulicità, ottenuta dalla miscelazione a freddo di idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, prodotto dalla calcinazione, a bassa temperatura (850-900 °C circa), di calcari puri, rigorosamente selezionati, cotti con le tecniche ed i modi tramandati dalla tradizione, e pozzolane naturali micronizzate di diversa superficie specifica ed energia. Il particolare legante dovrà garantire all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità e resistenza alle aggressioni alcaline.

La malta preparata sarà progettata per essere utilizzata per la formazione di intonaci interni ed esterni su muratura in pietra, mattoni, tufo o mista. In particolare modo per interventi di recupero su edifici di interesse storico, dove necessita l'utilizzo di un intonaco naturale molto traspirante, in aderenza e compatibile con i materiali utilizzati in passato.

La malta formulata deve prevedere una stesura manuale, mediante una tradizionale cazzuola, nello spessore massimo di mm 10/15.

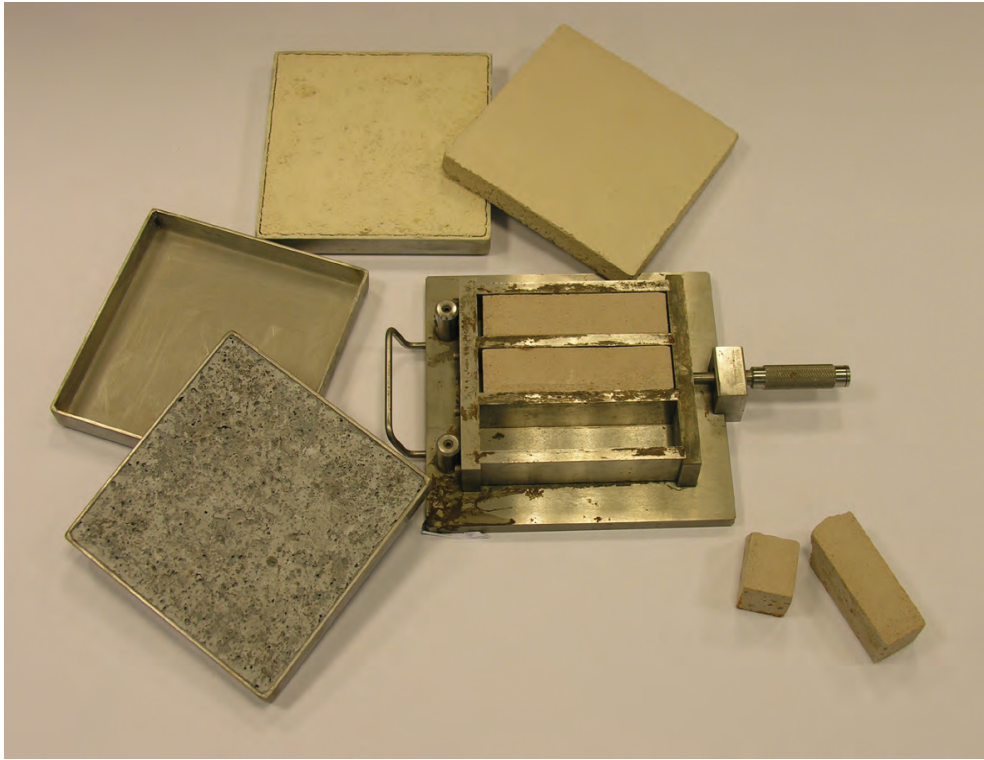
Non è tollerato l'uso di qualsiasi forma di cemento Portland, né apporti, seppur esigui, di pigmenti destinati a modificare la cromia della malta essiccata.

Non saranno accettati provini che mostrino palesi cavillature, segni di decoesione e/o sfarinamento superficiale.

Caratteristiche tecniche richieste dalla malta formulata

Curva di Fuller	da determinarsi
Rapporto aggregato/legante	da determinarsi
Indice di Chapelle	già conosciuto e determinato
Forma	Polvere
Colore naturale	Bruno rossiccio
Peso specifico della malta secca	1500 gr/litro
Granulometria	UNI EN 1015-1: da 0 a 3 mm
Resistenza a compressione	UNI EN 1015-11: 2,0 - 3,0 MPa - Categoria CSII
Resistenza alla diffusione del vapore	UNI EN 1015-19: $\mu < 7$
Adesione al supporto	UNI EN 1015-12: 0,1 MPa - FP: A
PH	13
Solfati (SO_3)	assenti
Calce libera a 28 gg. $[\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2]$	assente
Reazione al fuoco	Classe A1
Tempo di impasto in betoniera	10 minuti circa
Tempo aperto di lavorabilità	30 minuti circa
Consumo	15-18 Kg/m ² per 10 mm di spessore

*Fornetto essiccatore**Pressa*



Campioni maturati

Si chiede che i campioni di malta, siano confezionati in stampi metallici della misura di 200 x 200 x 25 mm, ovvero il volume pari ad un litro. Gli stampi, vuoti, saranno pesati prima del loro impiego.

Le modalità di confezionamento, stagionatura e maturazione seguiranno le indicazioni della norma UNI EN 1015-11:2001. La resistenza alla compressione (RC) sarà effettuata, mediante la pressa nel laboratorio tecnologico in Bottega, in presenza dell'artigiano esaminando, su 3 prismi delle dimensioni di 160 x 40 x 40 mm, a 7, 14, 28 giorni.

Gli stampi metallici, contenenti i campioni maturati per 28 giorni a temperatura ambiente, saranno posti ad essiccare in un fornetto ventilato, a temperatura controllata di 35°C, fino al raggiungimento del peso minimo (totale essiccazione). La differenza col peso dello stampo, determinerà il peso/litro del materiale secco.

Buon lavoro

BIBLIOGRAFIA

(in ordine cronologico)

Traduzioni e commenti a Vitruvio (I sec a.C.)

1514

Fabio Calvo, Vitruvio e Raffaello. Il *De architectura di Vitruvio* nella traduzione inedita di Fabio Calvo ravennate, a cura di V. Fontana e P. Moracchiello, Roma, Officina, 1975.

1521

Cesare Cesariano, *De Architectura*, traslato e commentato da Cesare Cesariano, Como, Gotardo da Ponte, 1521.

1556

Daniele Barbaro, *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradutti & commentati da Monsignor Barbaro, eletto patriarca di Aquileggia*, Venezia, Francesco Marcolini, 1556.

1590

Giovanantonio Rusconi, *Della architettura di Gio. Antonio Rusconi, con Centosessanta Figure disegnate dal medesimo, secondo i precetti di Vitruvio, e con chiarezza e brevità dichiarate*, Libri X, Venezia, Gioliti, 1590.

1758

Berardo Galiani, *L'architettura di M. Vitruvio Pollione*, Napoli 1758.

1829

Carlo Amati, *Dell'architettura di Marco Vitruvio Pollione libri dieci pubblicati da Carlo Amati*, Milano, Giacomo Pirola, 1829.

1830

Giovanni Poleni, *Architectura, textu ex recensione codicum emendato cum exercitationibus notisque novissimis Joannis Poleni et commentaris variorum*, Udine, Fratelli Mattiuzzi, 1830.

1830

Quirico Viviani, *L'architettura di Vitruvio* tradotta in italiano, Udine, Fratelli Mattiuzzi, 1830.

Trattati storici

I secolo d.C.

Plinius C. Secundus, *Naturalis Historia*, Venezia, Johannes Spirensis, 1469.

IV secolo d.C.

Palladius, *De re rustica*, Lugduni, Apud seb. Griphium, 1537.

VI secolo d.C.

Procopio di Cesarea, *Bellum Gothicum*, Lib.II, capo XXVII. Traduzione dal greco.

1437

Cennino Cennini, *Il libro dell'arte*, a cura di F. Brunello, Vicenza, Neri Pozza, 1993.

Id:

Tambroni Giuseppe, *Di Cennino Cennini Trattato della pittura messo in luce per la prima volta con annotazioni del Cavaliere Giuseppe Tambroni*, Roma, Salviucci, 1821.

1461-1464

Antonio Averlino detto il Filarete, *Trattato di architettura*, a cura di A.M. Finoli e L. Grassi, Milano, il Polifilo, 1972.

1495

Leon Battista Alberti, *De re aedificatoria*, Firenze, Nicolò di Lorenzo Alemanno, 1485.

1456-1502

Francesco di Giorgio Martini, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, a cura di C. Maltese e L. Maltese Degrassi, Milano, il Polifilo, 1967.

1550

Giorgio Vasari, *Le vite de' più eccellenti architetti, pittori et scultori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri*, Firenze, Lorenzo Torrentino, 1550.

1562

Jacopo Barozzi detto il Vignola, *Regole delli cinque ordini di architettura, in Pietro Cataneo, Giacomo Barozzi da Vignola. Trattati con l'aggiunta degli scritti di architettura di Alvise Cornaro, Francesco Giorgi, Claudio Tolomei, Giangiorgio Trissino, Giorgio Vasari*, a cura di E. Bassi, Milano, il Polifilo, 1985.

1567

Philibert de l'Orme, *Le premier tome de l'architecture*, Paris, Federic Morrel, 1567.

1567

Pietro Cataneo, *L'architettura*, Venezia, Manuzio, 1567.

fine XVI secolo

Alvise Cornaro, *Trattati di Architettura*, in G. Fiocco, *Alvise Cornaro: il suo tempo e le sue opere*, Vicenza, Neri Pozza, 1965.

1570

Andrea Palladio, *I quattro libri dell'architettura*, Venezia, Domenico de' Franceschi, 1570.

1584

Sebastiano Serlio, *I sette libri dell'architettura*, Venezia, Francesco de' Franceschi, 1584.

1584

G.P. Lomazzo, *Trattato de la pittura, scultura et architettura*, Milano, Gotardo Ponzio, 1584.

1584

Raffaello Borghini, *Il Riposo*, Firenze, Giorgio Marescotti, 1584.

fine XVI secolo

Baldassarre Perruzzi (attribuito a), *Trattato di architettura militare*, a cura di A. Parronchi, Firenze, Connelli, 1982.

fine XVI secolo

Pellegrino Pellegrini (detto anche Pellegrino Tibaldi), *L'architettura*, a cura di G. Panizza, Milano, il Polifilo, 1990.

1610(?)

Carlo Mattia (Abate), *Trattato di Architettura*, Manoscritto inedito, biblioteca malatestiana di Cesena, 1610.

1615

Vincenzo Scamozzi, *L'idea dell'architettura universale di Vincenzo Scamozzi architetto veneto*, Venezia, Presso l'Autore, 1615.

1629

G. Branca, *Manuale dell'architettura, breve, risoluta e pratica, diviso in sei libri*, Ascoli, Mafio Salvioni, 1629.

1629

Viola Zannini, G., *Dell'Architettura col modo di levare il fumo dai camini*, Padova, 1629.

1678

Alessandro Capra, *La nuova architettura famigliare*, Bologna, Giacomo Monti, 1678.

1711

Ferdinando Galli Bibbiena, *L'architettura civile*, Parma, Paolo Monti, 1711.

1729

Juvara, F., *Istruzione per la Palazzina di Caccia da farsi a Stupiniggi*, manoscritto autografo (nr.452), 1729.

1737

Guarino Guarini, *Architettura Civile del Padre D. Guarino Guarini*, Torino, Gianfranco Mairesse, 1737.

1760-1766

Bernardo Antonio Vittone, *Istruzioni elementari per indirizzo de' giovani allo studio dell'Architettura Civile divise in libri tre*, Lugano 1760-1766.

1774

Bettinelli Abate Saverio, *Delle lettere e delle arti mantovane*, 1774.

Manuali di architettura

1739

Belidor B. F., *La sciences des ingenieurs*, Paris, C. Jombert, 1739, prima trad. it. *La scienza degli ingegneri nella direzione delle opere di fortificazione e di architettura civile*, a cura di G. Masieri, Mantova, Elli Negretti, 1832.

1764

Belidor, B.F., *Architectura Hydraulica*, Augsburg, 1764.

1778

Lodovico Bolognini, *Il muratore reggiano*, Reggio Emilia, Davolio, 1778.

1781

Francesco Milizia, *Principi di architettura civile*, Finale Ligure, Stamperia Jacopo de Rossi, 1781.

1791

Smeaton, J., *Narrative of the Building of the Eddystone Lighthouse*, London, 1791.

1802-1817

Jean Rondelet, *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*, Paris, Chez l'Auteur, 1802-1817.

1809

Mathieu Joseph Sganzin, *Programmes ou résumés des leçons d'un cours de construction*, Paris, Bernard, 1809, trad. it. Nuovo corso completo di pubbliche costruzioni, a cura dell'ing. Rinaldo Nicoletti, Venezia, Antonelli, 1849.

1817

Giovanni Antolini, *Osservazioni ed aggiunte ai principii di architettura di Francesco Milizia proposte agli studiosi ed amatori dell'architettura dal Prof. Giovanni Antolini*, Milano, A.F. Stella, 1817.

1827

Urban Vitry, *Le Propriétaire architecte*, Paris, Audot, 1827.

1828-1839

Giuseppe Valadier, *Manuale di architettura pratica*, Roma, Società Tipografica, 1828-1839.

1830

Zambonini, A. *Dell'Arte di fabbricare*, Bologna, 1830.

1832

Nicola Cavalieri San Bertolo, *Istituzioni di architettura statica e idraulica*, Firenze, V. Batelli e Figli, 1832.

1836

Luigi Ponza di San Martino, *Istituzioni di architettura civile raccolte e ordinate*, Torino, Presso Giuseppe Pomba & C., 1836.

1837

Vicat, L.J., *A Practical and Scientific Treatise on Calcareous Mortars and Cements, Artificial and Natural*, tradotto da J.T. Smith, London, 1837.

1845

Faustino Corsi, *Delle pietre antiche*, 1845 (parti I, II)

1852

J. Claudel , *Manuale degli Ingegneri, Architetti e Misuratori*, 1852.

1853

Gustav Adolf Breyman, *Trattato generale di costruzioni civili*, traduzione italiana dell'Ing. Carlo Valentini, con note di A. Cantalupi, L. Mazzocchi, P. Boubée, R. Ferrini, Milano, Vallardi, 1885.

1855

Francesco De Cesare, *La scienza dell'architettura*, Napoli, Giovanni Pellizone, 1855.

1862

Antonio Cantalupi, *Istituzioni pratiche elementari sull'arte di costruire le fabbriche civili*, Milano, Domenico Salvi & C., 1862.

1864

Giovanni Curioni, *L'arte di fabbricare ossia corso completo di istituzioni teorico-pratiche*, Torino, Negro, 1864.

1877-1881

Achille Lenti, *Corso pratico di costruzioni o guida per eseguire, redigere, sorvegliare e valutare i lavori di architettura civile, rurale, stradale, idraulica*, Alessandria, S. Rossi, 1877-1881.

1870-1887

Giuseppe Musso, Giuseppe Copperi, *Particolari di costruzioni murali*, Torino, Paravia, 1870-1887.

1892

Francesco Salmoiraghi, *Materiali naturali da costruzione*, 1892.

1900

Misuraca Giacomo, M.A. Boldi, *L'arte moderna del fabbricare: trattato pratico ad uso degli ingegneri, costruttori, capimastri e studenti*. Milano, Ed. Vallardi 1900.

1906

Daniele Donghi, *Manuale dell'Architetto*, Torino, Unione Tipografica, 1906.

Dizionari di architettura

1681

Filippo Baldinucci, *Vocabolario toscano dell'arte del disegno*, Firenze 1681.

1749

Efraimo Chambers, *Dizionario universale delle arti e delle scienze*, Venezia, Giambattista Pasquali, 1749.

1751-1780

M. Diderot, M. d'Alembert, *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Paris, M. Octavien Diodati, 1758.

1768-1775

Francesco Grisellini, *Dizionario delle Arti e de' Mestieri compilato da Francesco Grisellini e continuato dall'abate Marco Fassadoni*, Venezia, M. Fenzo, 1775.

1788-1832

Antoine Chrysostome Quatremère de Quincy, *Dictionnaire historique d'architecture*, Paris, Ancien Le Clerc, 1832.

1868-1874

E. Viollet le Due, *Dictionnaire raisonné de l'architecture Française du XI au XVI, siècle*, Paris, Ernest Grund, 1868-74.

1878-1898

Raffaele Pareto, *Enciclopedia delle arti e industrie*, a cura di Raffaele Pareto, Torino, Unione Tipografica, 1878-98.

Manuali tascabili Hoepli

Luigi Mazzocchi, *Calce e cementi. Norme pratiche ad uso degli Ingegneri, Architetti, Costruttori, Capimastri ed Assistenti di fabbrica*, Milano, Hoepli, 1895.

Italo Ghersi, *Imitazioni e succedanei*, Milano, Hoepli, 1903.

Dammaso Franzoni, *L'imbianchino decoratore e stuccatore*, Milano, Hoepli, 1911.

Letteratura critica

(Ordine alfabetico)

AA. VV., *Progetto Colore del Parco Nazionale delle Cinque Terre* (a cura di G. Centauro, L. Cogorno, S. Bassi), in 'Opus studiorum/3', Poggibonsi (SI), 2008.

Adam Jean Pierre, *L'arte di costruire presso i romani*, Milano, Longanesi & C., 1984.

Selma Al-Radi, *Qudâd - The Traditional Yemeni Plaster*, 2005.

Armani E., *Materiali e tecniche di esecuzione degli intonaci dell'architettura veneziana, in Intonaci colore e coloriture nell'edilizia storica*, Atti del Convegno di Studi, Roma, ottobre 1984, 'Bollettino d'Arte', supplemento ai n. 35-36, Roma 1986.

Bensi P., Montiani Bensi M.R., *Fonti trattatistiche per lo studio degli intonaci in Italia nel XIX secolo: considerazioni storiche e tecniche*, in *L'intonaco: storia, cultura e tecnologia*, Atti del Convegno di Studi, Bressanone, giugno 1985, Padova, Libreria Progetto, 1985.

Bensi P., *Materiali e tecniche delle facciate dipinte tra '800 e '900*, in *Facciate dipinte. Conservazione e restauro*, Atti del Convegno di Studi, Genova 1982, Genova, Sagep, 1984.

Bianchetti F., *Piano del Colore di Omegna*, Archivio fotografico, 1986.

Binda Mayer L., Baronio G., *Indagine sull'aderenza tra legante e laterizio in malte ed intonaci di 'cocciopesto'*, in *Intonaci colore e coloriture nell'edilizia storica*, Atti del Convegno di Studi, Roma 1984, 'Bollettino d'Arte', supplemento ai n. 35-36, Roma 1986.

Boato A., Mannoni T., *Materiali e tecniche nella Genova portuale: i calcestruzzi alla pozzolana dall'età moderna alla rivoluzione industriale*, in *Calcestruzzi antichi e moderni: storia. cultura, tecnologia*, Atti del Convegno di Studi, Bressanone, luglio 1993, Padova, Libreria Progetto, 1993.

- Boni, G., *Venezia imbellettata*, Venezia, 1885.
- Cacciavillani, I., *Le leggi ecologiche veneziane*, Edizioni Signum, Limena/Padova, 1990.
- Centauro G., Firenze in Colore. *Materiali e colori del centro storico, con Tavolozze cromatiche* a cura di G. Centauro e C. Grandin. Firenze-Milano, 2008.
- Choay F., *La regola e il modello, sulla teoria dell'architettura e dell'urbanistica*, a cura di E. d'Alfonso, Roma, Officina, 1986.
- Cimitan Lucio e AAVV, *Saggi di caratterizzazione petrologica e chimica di pozzolane e malte pozzolaniche*, 1992.
- Codello, R., *Gli intonaci. Conoscenza e conservazione*, Firenze, Alinea Editrice, 1996.
- Concina, E., *Navis*, Giulio Einaudi Editore, Torino, 1990.
- Conti G., *Il calcestruzzo nella trattatistica rinascimentale, in calcestruzzi antichi e moderni: storia, cultura, tecnologia*, Atti del Convegno di Studi, Bressanone, 1993, Padova, Libreria Progetto, 1993.
- Crovato A., *Pavimenti alla veneziana*, Venezia, Edizioni L'altra Riva, 1989.
- Danti C., Mattemi M., Moles A., *Le pitture murali, tecniche, problemi, conservazione*, Firenze, 1990.
- Feiffer C., *La conservazione delle superfici intonacate*, Skira Editore, Milano, 1997.
- Ferrari G., *Lo stucco nell'arte italiana*, Milano, Hoepli, 1965.
- Fiore F.P., *Capitolati e contratti nell'architettura borrominiana: un capitolo della letteratura artistica e della precettistica materiale in età barocca*, in *Ricerche di Storia dell'Arte*, n. 1980.
- Forcellino A., *La diffusione dei rivestimenti a stucco nel corso del XVI secolo*, in *Ricerche di storia dell'arte*, n. 41-42, 1991.
- Garfield, S., *Il malva di Perkin*, Ed. Garzanti Libri, 2002.
- Goethe W., *Zur Farbenlehre*, Tubinga, 1810.
- Lugli G., *La tecnica edilizia romana*, Firenze, Giovanni Bardi, 1957.

Mannoni T., *Caratteri costruttivi dell'edilizia storica*, Genova, Sagep, 1994.

Milani G. B., *L'ossatura murale*, Torino, 1920.

Mora P., Mora L., Zander G., *Coloriture e intonaci nel mondo antico*, in *Intonaci colore e coloriture nell'edilizia storica*, Atti dei Convegno di Studi, Roma, ottobre 1984, in 'Bollettino d'Arte', supplemento ai n. 35-36, Roma 1986.

Mosca R., *Le finiture naturali: progettazione, tecniche & materiali*, Maggioli editore, 2001.

Quarneti G., *I Quaderni di Giacomo Querini da Venezia*, Bergamo, 1990.

Ramazzotti L., *L'edilizia e la regola, manuali nella Francia dell'Ottocento*, Roma, Kappa, 1984.

Rosa L.A., *La tecnica della pittura dai tempi preistorici ad oggi*, Milano, Soc. Ed. Libreria, 1937.

Scavizzi C.P., *Edilizia nei secoli XVII e XVIII a Roma. Ricerca per una storia delle tecniche*, in 'Quaderni del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali', Ufficio Studi, n. 6, Roma 1983.

Tufani A., *Le malte nel restauro*, Todi, Ediart, 1987.













CALCHÈRA San Giorgio
GRIGNO - TN

Tel 0461 775515 - Fax 0461 776934
www.calcherasangiorgio.it - info@calcherasangiorgio.it

